
DIPLOMARBEIT

Frau

Sarah Russinger

**Industrie 4.0 – Chancen für die
Prozessautomatisierung**

Mittweida, 2015

DIPLOMARBEIT

Industrie 4.0 – Chancen für die Prozessautomatisierung

Autor:

Frau

Sarah Russinger

Studiengang:

Technische Informatik

Seminargruppe:

KT11wIA-G

Erstprüfer:

Herr Prof. Dr. -Ing Swen Schmeißer

Zweitprüfer:

Herr Ing. Christian Laimgruber

Einreichung:

Mittweida, 16.November.2015

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2015

Bibliografische Angaben:

Sarah Russinger

Industrie 4.0 – Chancen für die Prozessautomatisierung - 2015

Inhaltsverzeichnis: 2 Seiten, Abbildungsverzeichnis: 2 Seiten, Anlagen: 11 Seiten

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), University of Applied Sciences,

Fakultät Technische Informatik, Diplomarbeit, 2015

Inhalt

Inhalt	iv
Abbildungsverzeichnis	vi
Abkürzungsverzeichnis	viii
Vorwort	ix
Abstract	x
1 Einleitung	11
1.1 <i>Industrielle Revolution</i>	11
1.1.1 1. Industrielle Revolution	12
1.1.2 2. Industrielle Revolution	14
1.1.3 3. Industriellen Revolution	15
2 Der Weg zur Industrie 4.0	17
2.1 <i>Die Wende der Produktionsfaktoren</i>	17
3 Industrie 4.0	20
3.1 <i>Allgemein</i>	20
3.2 <i>Technologische Voraussetzung</i>	21
3.2.1 Cyber-physische Systeme	21
3.2.2 Das Internet der Dinge	23
3.2.3 Das Internet der Dienste	24
4 Prozessautomatisierung	26
4.1 <i>Allgemeines</i>	26
4.2 <i>Industrie 4.0 in der Prozessautomatisierung</i>	26
5 Die Industrie 4.0 - Anlage von SmartFactory^{KL}	29
5.1 <i>Allgemeines</i>	29
5.2 <i>Die Industrie 4.0 – Anlage</i>	29
5.3 <i>Schlussbetrachtung</i>	35
6 Die smarte Fabrik von Bernecker und Rainer	36
6.1 <i>Allgemeines</i>	36

6.2	<i>Die SmartFactory</i>	36
6.3	<i>Schlussbetrachtung</i>	38
7	Das Multi-Carrier-System	39
7.1	<i>Allgemeines</i>	39
7.2	<i>Das Transportsystem</i>	39
7.3	<i>Schlussbetrachtung</i>	41
8	Chancen und Risiken für die Prozessautomatisierung	42
8.1	<i>Chancen Industrie 4.0</i>	43
8.1.1	Losgröße 1	43
8.1.2	Data-Mining und Analyse.....	44
8.1.3	Höhere Produktions- und Ressourceneffizienz	46
8.1.4	Neue digitale Geschäftsmodelle	47
8.2	<i>Risiken Industrie 4.0</i>	48
8.2.1	IT-Sicherheit	48
8.2.2	Fehlende Standards	51
8.2.3	Enormer Forschungs- und Entwicklungsbedarf.....	52
8.2.4	Soziale Folgen	53
9	Fazit	56
	Index	57
	Literatur	58
	Anlagen	63
	Eidesstattliche Erklärung	76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Industriellen Revolutionen [27]	11
Abbildung 2 Dampfmaschine [28]	13
Abbildung 3 Produktionshalle England[29]	14
Abbildung 4 Produktionsvielfalt [1]	18
Abbildung 5 Aufbau Cyper-physische Systeme [31].....	21
Abbildung 6 Internet der Dinge [32].....	23
Abbildung 7 Smart Factory [27].....	25
Abbildung 8 Technischer Prozess [17]	26
Abbildung 9 Hohes Potential für die Prozessautomatisierung durch Industrie 4.0 und deren Schlüsseltechnologien [33]	27
Abbildung 10 SmartFactory ^{KL} [34]	32
Abbildung 11 Infrastrukturbox [35]	33
Abbildung 12 Abfrage der individuellen Daten jedes Produkts per RFID [36]	35
Abbildung 13 Smart Factory Bernecker und Rainer [37].....	36
Abbildung 14 Topologie Multi-Carrier-System [38]	40
Abbildung 15 Multi-Carrier-System [39].....	41
Abbildung 16 Einsatz von Tablets in der Produktion [40].....	43
Abbildung 17 Der Mensch steuert mit Instrumenten die digitale Fabrik [24]	45
Abbildung 18 Bedeutung von Daten je nach Branche [24]	46
Abbildung 19 „Security“ in der Automatisierungspyramide [24]	49

Abbildung 20 „Industrie 4.0 Security“ über alle Ebenen [24].....	50
Abbildung 21 Ergebnis Umfrage „Plattform Industrie 4.0“: Herausforderungen bei der Umsetzung von Industrie 4.0 [41].....	52
Abbildung 22 Polatisierte Organisation vs. Schwarm-Organisation [42]	54

Abkürzungsverzeichnis

CPS	Cyber - physisches System
CPPS	Cyber – physische Produktions Systeme
OPC UA	Open Platform Communication Unified Architecture
RFID	Radio-frequency identification
B&R	Bernecker & Rainer
WLAN	Wireless Local Area Network
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie
ERP-Systeme	Enterprise-Resource-Planning System
QR-Code	Quick Response Code
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PLM-Prozess	Product-Lifecycle-Management System
AS	Automation Studio

Vorwort

Industrie 4.0 dieser Begriff wird in allen Branchen heftig diskutiert. Doch was bedeutet er eigentlich. Befindet sich die Industrie gerade wirklich in der vierten industriellen Revolution?

Am Beispiel der vorangegangenen Revolutionen sieht man, dass die Auswirkungen einer Revolution enorm sind. Es betrifft nicht nur die Industrie sondern hat auch Folgen für die Menschen. Welche Auswirkungen wird diese Revolution haben?

In dieser Diplomarbeit wird versucht aufzuzeigen was Industrie 4.0 bedeutet. Eine kurze Einführung mit Informationen zu der ersten bis zur dritten Revolution sowie der Weg zur Industrie 4.0. Welche Technologischen Voraussetzungen braucht man um Industrie 4.0 umzusetzen. In diesem Zug wird das Cyber-physische System erklärt sowie um was es sich beim Begriff „Internet der Dinge“ handelt. Im Detail wird darauf eingegangen was Industrie 4.0 im speziellen für die Prozessautomatisierung bedeutet. Anhand einiger Beispiele wird aufgezeigt wie weit die vierte industrielle Revolution schon in den Produktionsalltag Einzug gehalten hat.

Welche Chancen entstehen und vor welchen Herausforderungen und Risiken steht man?

Abstract

Industry 4.0 this concept is hotly debated in all industries. But what does it actually means. Is the industry actually in the fourth industrial revolution?

Using the example of previous revolutions we see that the effects of a revolution are enormous. It concerns not only the industry but also has consequences for the people. What impact will this revolution have on the society?

This thesis will seek to identify what Industry 4.0 is. A brief introduction with information about the first, second and third revolution and the road to Industry 4.0. What technological requirements need to implement for Industry 4.0. In this way CPS is explained as well as what it is the term "Internet of Things". In detail, it addresses what Industry 4.0 means specifically for process automation. Some examples will be shown how far the fourth industrial revolution has arrived already in the daily production.

What opportunities arise and with which challenges and risks are there to take?

1 Einleitung

1.1 Industrielle Revolution

Im Zuge von Industrie 4.0 wird immer wieder von der 4. Industriellen Revolution gesprochen. Deshalb wird zunächst einmal ein Blick auf die vergangenen Revolutionen geworfen. Wie bauen die Revolutionen aufeinander auf, was war der Auslöser, welche unterschiedlichen Phasen gibt es in den einzelnen Revolutionen.

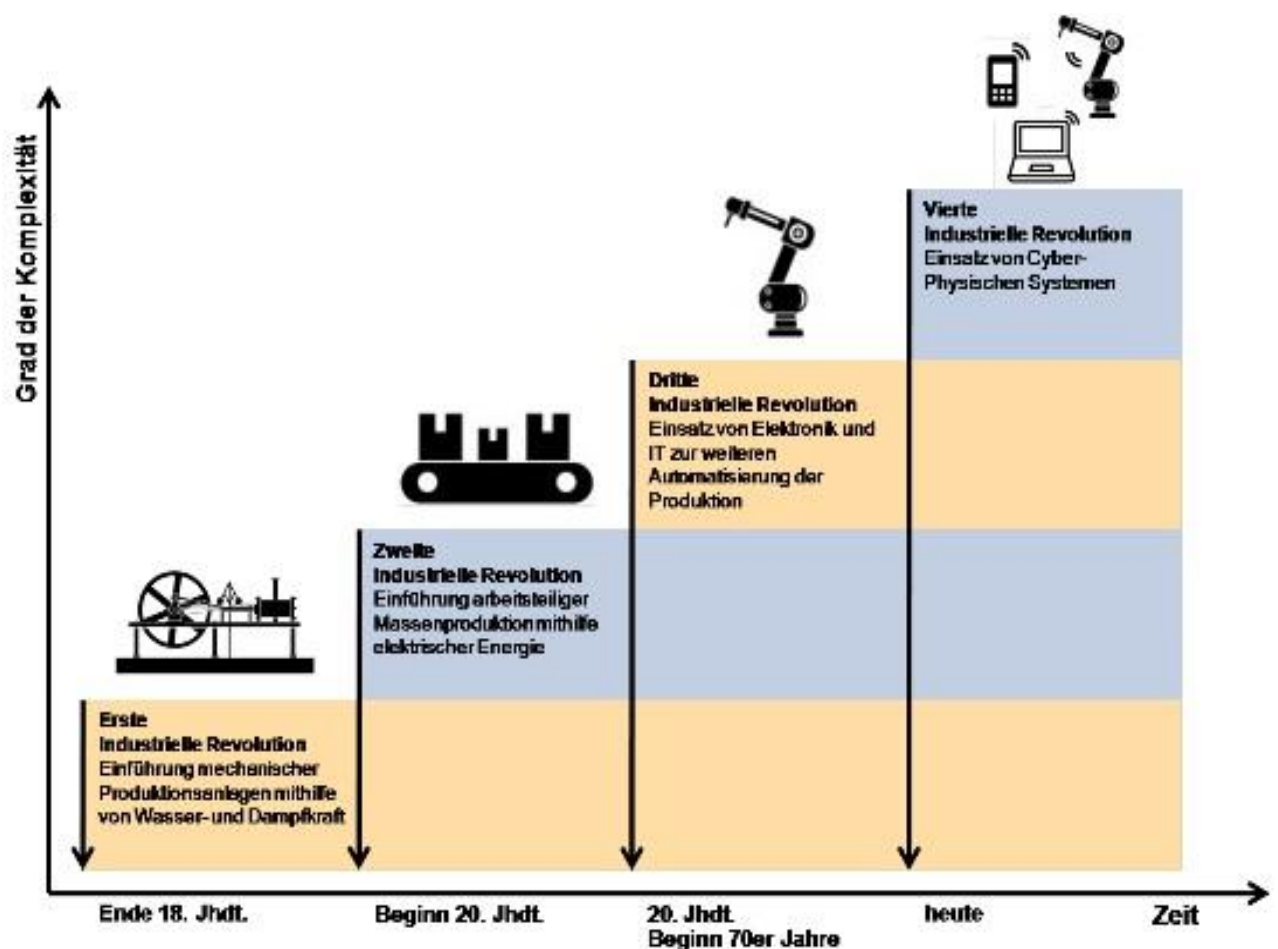


Abbildung 1: Die Industriellen Revolutionen [27]

1.1.1 1. Industrielle Revolution

Die 1. Industrielle Revolution, die im späten 18. Jahrhundert in England beginnt und sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts fast überall in Europa durchsetzt, hat die Lebensverhältnisse der Menschen bis in die Gegenwart hinein geprägt.

Die 'Industrielle Revolution' ermöglichte den Ausbruch aus den Zwängen der agrarischen Produktionsweise. Sie bedeutete in den industrialisierten Teilen der Erde die Befreiung der Menschen aus dem immerwährenden Kreislauf mit seiner fatalen Abfolge von Bevölkerungswachstum, Missernten, Hungersnöten, Verteilungskriegen, Seuchen, Bevölkerungsrückgang. Seit dieser Revolution kennt die Industriegesellschaft, Kriegzeiten ausgenommen, keinen Hunger, der zuvor erhebliche Teile der Bevölkerung immer wieder getroffen hatte.

Im engeren Sinne versteht man unter 'Industrieller Revolution' die durch die Erfindung von neuen Antriebstechniken (z.B. der Dampfmaschine) und neuer Arbeitsmaschinen (z.B. des mechanischen Webstuhls) in Verbindung mit der Fabrikproduktion ausgelöste Periode der stürmischen Industrialisierung. Im weiteren Sinne bezeichnet der Begriff den durch wissenschaftlichen Fortschritt und technische Entwicklung ausgelösten schnellen Wechsel der Produktionstechniken und die damit verbundenen Veränderungen in der Gesellschaft (z.B. den Wandel vom Agrarstaat zum Industriestaat). Unter 'Industrialisierung' versteht man die Ausweitung des 'industriellen Wirtschaftsbereichs' im Vergleich zu anderen Wirtschaftsbereichen wie dem Handwerk und dem Handel.

Der Erfinder der Dampfmaschine ist nicht James Watt, unabhängig voneinander haben der Franzose Denis Papin und der Engländer Thomas Savery versucht eine Dampfmaschine zu bauen. James Watt hat die Bautechnik der Dampfmaschinen verbessert und so umkonstruiert, dass sie in den achtziger Jahren des 18. Jahrhunderts in der englischen Textilindustrie für den Antrieb von Spinn- und Webmaschinen benutzt werden konnte.

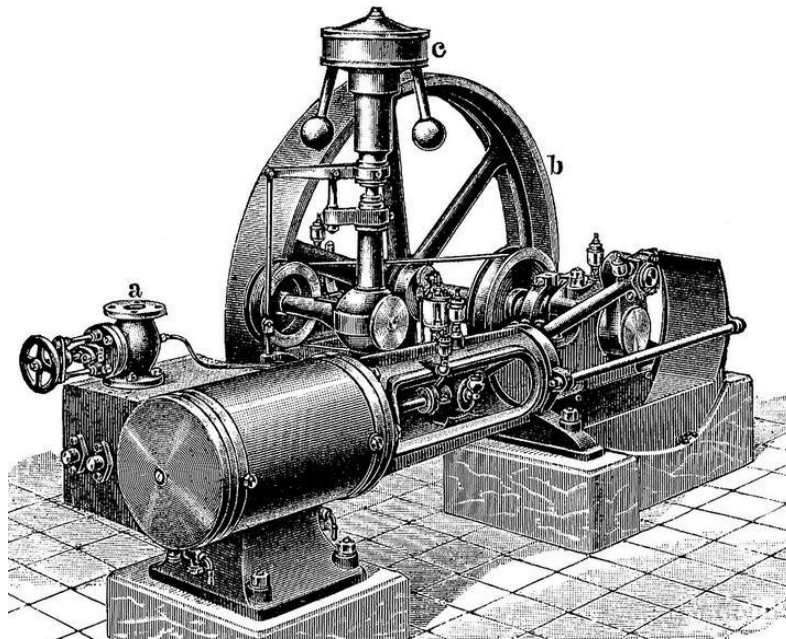


Abbildung 2 Dampfmaschine [28]

Die Entwicklungen im Kraftantrieb und von Maschinensystemen beeinflussten sich gegenseitig. Der Dampfantrieb wurde auch bei anderen Maschinenarten und bei Transportmitteln wie zum Beispiel bei Lokomotiven und Schiffen übernommen. Verbesserungen der Antriebstechnik zwangen zu besserer Schmiedetechnik, vor allem bei der Herstellung des Zylinders und von Maschinenwerkzeugen. Auf der anderen Seite schuf die Einführung der Dampfmaschine in der Eisenindustrie die Voraussetzung für die Verbesserung der Eisenverarbeitung und der Schmiedearbeit.

Die Kehrseite des Glanzes, welche die Entwicklung von Industrie und Technik mit sich brachte, war das Elend der breiten Massen in den überfüllten Städten, die dem Zustrom nicht gewachsen waren und sich mangels Kanalisation und Hygieneeinrichtungen wiederholt Epidemien wie der Cholera ausgesetzt sahen. Auch wenn die Arbeitsbedingungen damals sehr schlecht waren, sind immer mehr Menschen in die Städte gezogen, was einen strukturelle Armut der Fabrikarbeiterschaft nach sich zog, den Pauperismus. Einige haben sehr an der industriellen Wertschöpfung verdient, die Fabrikarbeiter jedoch wurden in den Anfängen der Industrialisierung ausgebeutet.

Diese Entwicklung führte schließlich am Übergang zur 2. Industriellen Revolution auch zu einer bürgerlichen Revolution.

1.1.2 2. Industrielle Revolution

Die 2. Industrielle Revolution war geprägt durch arbeitsteilige Massenproduktion mit Hilfe elektrischer Energie. Meist wird von einer organisationsgetriebenen Revolution gesprochen. Vor allem wird hier die Entwicklung des Fließbands von Henry Ford, oder die wissenschaftliche Betriebsführung nach Frederic W. Taylor als Zeichen für die 2. Industrielle Revolution genannt.



Abbildung 3 Produktionshalle England[29]

Gleichzeitig wurden aber auch elektrische Antriebe und Verbrennungsmotoren entwickelt. Insbesondere die elektrifizierten Antriebssysteme ermöglichten es zu dezentralisieren, also die Arbeitsmaschinen nicht durch zentrale Kraftmaschinen anzutreiben, sondern dezentral zu betreiben. Zudem erhielt Erdöl eine immer größere Bedeutung als Grundstoff der chemischen Industrie und somit auch als neuer Treibstoff für mobile Systeme – allen voran das Automobil.

Die Großindustrielle Massenproduktion, die dadurch ermöglicht wurde, ist vor allem in der Chemie- und Elektroindustrie sowie natürlich im Maschinenbau und der Automobilindustrie vorangeschritten. Die Bevölkerung wuchs weiter an. Der Gesellschaft wurde klar, dass man die Fabrikarbeiter nicht weiter ausbeuten kann, sondern dass es hier ein Wohlstandsbedürfnis gibt, dem Rechnung zu tragen ist, um soziale Spannungen abzubauen. Dieses Bedürfnis konnte mit der Großindustriellen Massenproduktion befriedigt werden, die es aufgrund von Skaleneffekten ermöglichte, sehr kostengünstig Produkte herzustellen. Zu dieser Zeit wuchs die Bedeutung der Gewerkschaften sehr stark an. Es entstand im Übergang

von der 1. zur 2. Industriellen Revolution die Sozialdemokratie. Die Ideen des Kommunismus haben sich verbreitet und es sind entsprechende Systeme entstanden. Damals wurde die Basis für unsere heutige konsumorientierte Wohlstandsgesellschaft gelegt.

1.1.3 3. Industriellen Revolution

Unterbrochen durch zwei Weltkriege ging es dann mit der 3. Industriellen Revolution Anfang der 60er Jahre weiter. In Deutschland war das zunächst die Zeit des Wirtschaftswunders. Diese Revolution wurde getrieben durch die Elektronik und später die Informations- und Kommunikationstechnologie, die eine fortschreitende Automatisierung der Produktionsprozesse ermöglichte. Damit fand einerseits Rationalisierung statt, andererseits wurde in der Folge auch die variantenreiche Serienproduktion ermöglicht.

Im Übergang der Wirtschaftswunderjahre in die 80er Jahre waren viele Märkte gesättigt, da viele Grundbedürfnisse der Wohlstandsgesellschaften befriedigt waren. Mehr und mehr wurden die Verkäufermärkte deshalb zu Käufermärkten.

Es ging also nicht mehr darum nur zu produzieren, und alles was man produzierte wurde ohnehin verkauft. Die Kunden haben sich immer mehr differenziert, die Wünsche wurden individueller. Es wurde sehr selektiv auf Qualität und Individualität geachtet. Die variantenreiche Serienproduktion bis hin zur MassCustomization ist immer mehr in den Vordergrund gerückt.

Gleichzeit hat sich die Marktwirtschaft weiterentwickelt, in Deutschland insbesondere die soziale Marktwirtschaft. Es kam, getrieben durch die Informations- und Kommunikations-Technologien und später dann durch das Internet, zu einer weltweiten Verfügbarkeit von Wissen. Zudem haben die industrialisierten Gesellschaften begonnen, über Ihre Verhältnisse zu leben. Damals in den 70er und 80er Jahren wurde der Grundstein für die Verschuldung der Volkswirtschaften gelegt.

Nach dem Fall des Eisernen Vorhangs konnte die Globalisierung ungehindert fortschreiten. In dieser Phase befinden wir uns heute noch. Weltweit findet immer mehr Arbeitsteilung statt und die global verteilte Produktion ist das Mittel der Wahl.

Im Zuge dieser 3. Industriellen Revolution verlor der Anteil der Wertschöpfung am Bruttoinlandsprodukt immer mehr an Bedeutung. Die Volkswirte sind davon

ausgegangen, dass entwickelte Volkswirtschaften zu Dienstleistungsgesellschaften werden und die Industrie einen ähnlichen Weg geht wie davor die Landwirtschaft – also eigentlich in der Bedeutungslosigkeit versinkt. Man glaubte, dass sie einen Anteil von unter zehn Prozent an der Bruttowertschöpfung haben würde. Diese Entwicklung ist auch zu beobachten, insbesondere in Frankreich, in England und in den USA. Eine Ausnahme ist hier Deutschland. Deutschland hat es geschafft, den Industrieanteil seit der Wiedervereinigung in den 90er Jahren stabil zu halten. Er pendelt um die 25 Prozent, unterbrochen durch die Finanzmarktkrise, wo er unter 20 Prozent absank. Nach der Krise hat sich Deutschland sehr schnell wieder erholt und hat mittlerweile einen Industrieanteil von über 25 Prozent an der gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung.[1],[2]

2 Der Weg zur Industrie 4.0

Um Nachfrage und Angebot zukünftig nachhaltig in Einklang zu bringen, wird im Zuge der vierten Revolution eine Wende aller Produktionsfaktoren benötigt.

2.1 Die Wende der Produktionsfaktoren

Eine Energiewende, um sich von fossilen Energieträgern zu trennen und auf regenerative Energie und Energieeffizienz zu setzen.

Viel wichtiger als die Energiewende wird voraussichtlich die Materialwende sein. Die Frage wie man es schafft, sämtliche Materialien in den Konsumkreisläufen zu halten, also Recycling-Kreisläufe zu erschließen. Wie schafft man es, auch nachwachsende Rohstoffe entsprechend einzusetzen? Vor allem ist es wichtig, keinen Abfall bzw. schädliche Emissionen mehr zu erzeugen, sondern diese als Rohstoff für neue Produkte oder die Natur zu betrachten und die Wertschaffung zu integrieren.

Die Personalwende fokussiert in den entwickelten Ländern, aber zum Teil auch in den sich entwickelnden Ländern, die demografischen Veränderungen und den Fachkräftemangel, der kein deutsches, sondern ein globales Problem ist. Das heißt, man muss schon heute überlegen, wie man die Verschwendung aus den Prozessen nimmt – also auch die Verschwendung von Personalressourcen. Aber man muss ein Arbeitsumfeld schaffen, das es Mitarbeitern ermöglicht, ihre vollen Fähigkeiten zu entfalten und über lange Zeit motiviert zu bleiben und entsprechend lange produktiv zu arbeiten.

Bei der Kapitalwende geht es im Wesentlichen darum, dass sowohl die volkswirtschaftlichen Finanzierungsansätze als auch die unternehmerischen Finanzierungsansätze im Lichte der Finanzmarktkrisen überdacht werden müssen. Die Art und Weise, wie sich die Finanzwirtschaft von der Realwirtschaft entkoppelt, ist zu überdenken. Es wird schon sehr intensiv daran gearbeitet, diese beiden Welten wieder stärker miteinander zu verbinden. Die Finanzmärkte müssen wieder ihre eigentliche Kernaufgabe wahrnehmen, nämlich die Finanzierung von Innovation, Investition und Konsum. Die Art und Weise wie man Fabriken organisiert, wie man Führungssysteme gestalten, also die dispositiven Faktoren, müssen sich ebenfalls ändern. Auch hier gibt es bereits neue Ansätze – auch in China beispielsweise. Dieser Wandel der Produktionsfaktoren wird dazu führen, dass Deutschland und Europa mit grüneren Wertschaffungsketten die Nachfrageseite befriedigen kann, ohne in ein angebotsseitiges Problem zu geraten.

Der Auslöser für alle diese „Wenden“ in den Produktionsfaktoren wird die Informations- und Kommunikationstechnologie sein. Hierher wird ein Großteil der notwendigen Innovationen entstehen. Das ist heute schon im Bereich der Energiewende zu sehen: Smart Grids, beispielsweise, sind die Basis dafür, diese Wende überhaupt zu vollziehen.

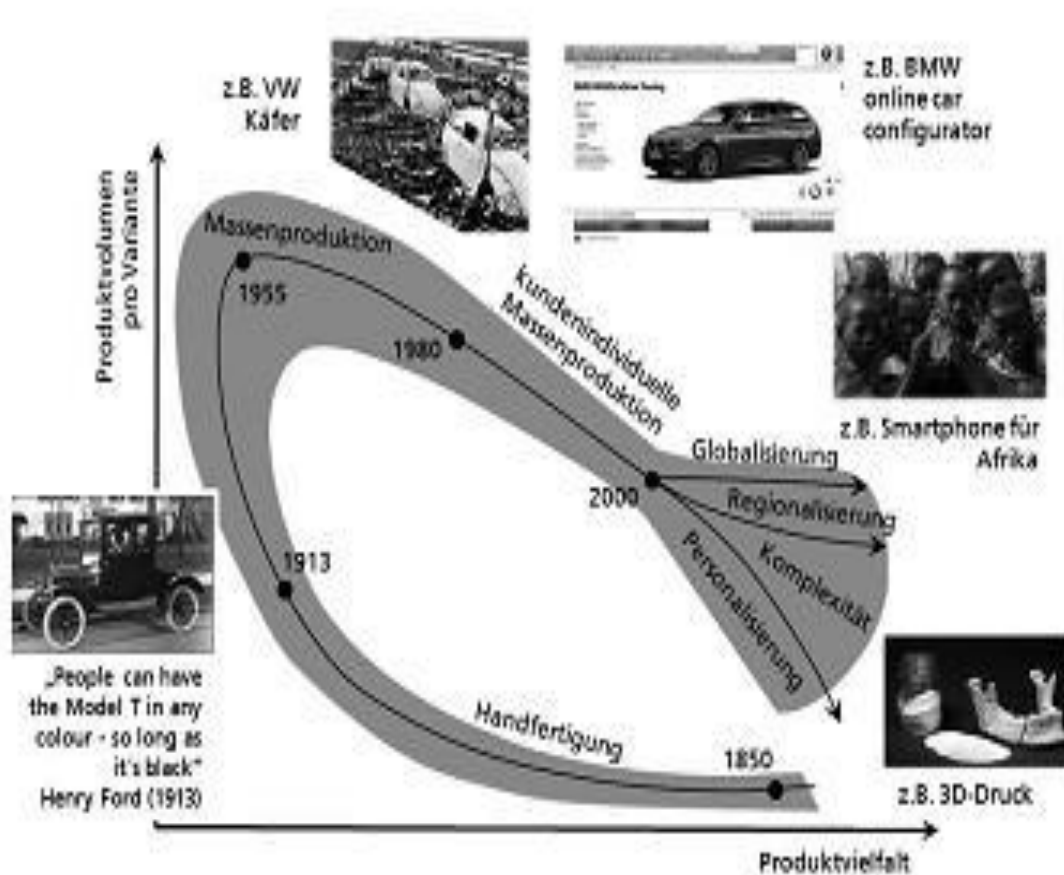


Abbildung 4 Produktionsvielfalt [1]

In vielen Bereichen werden die dominanten Technologien und Designs abgelöst werden. Die Automobilindustrie zum Beispiel hat über die Letzen hundert Jahre Autos aus Stahl mit Verbrennungsmotoren produziert, die vom Prinzip her immer ähnlich aufgebaut waren. Aufgrund der Veränderung in Richtung Elektromobilität, Leichtbau und personalisierter sowie regionalisierter Produktion, nimmt die Produktvielfalt enorm zu. Gleichzeitig geht die Stückzahl pro Modell und Variante massiv nach unten. Das führt dazu, dass die Komplexität der Märkte enorm zunimmt. Wie in Abbildung 4 dargestellt, kommt man nun zu einem neuen Produktiosparadigma, das eine nachhaltige Wertschöpfung(-schaffung) ermöglichen muss und gleichzeitig Anforderungen an die Personalisierung, Regionalisierung und Globalisierung zu erfüllen hat. Die daraus erwachsen-

de Intransparenz und Dynamik wird die notwendigen Fähigkeiten vieler Unternehmen stark erweitern. Die Produktion steht also an der Schwelle von der Kompliziertheit zur Komplexität. Man wird es nicht mehr schaffen, alle Produkte und Prozesse exakt zu beschreiben. Man wird in ein komplexes Feld geraten, das nicht mehr beschreib und prognostizierbar ist. Unternehmen müssen deshalb an ihrer Flexibilität und Wandlungsfähigkeit arbeiten, um sich schnell und wirtschaftlich an Veränderungen anpassen zu können.[1]

3 Industrie 4.0

3.1 Allgemein

Mit Industrie 4.0 hat man ein Schlagwort gefunden, mit dem sich die vierte Industrielle Revolution treffend beschreiben lässt. Durch die Vernetzung der Maschine mit den Produkten wurde die klassische Produktionshierarchie aufgelöst. Dezentrale Selbstorganisation ersetzt die zentrale Steuerung. Produkte unterstützen aktiv den Produktionsprozess. Ressourcen- und Energieschonung sind Voraussetzung für die Prozessplanung und den Produktionserfolg. Sogenannte intelligente Fabriken entstehen.

Erstmals wurde der Begriff auf der Messe Hannover 2011 verwendet. In Deutschland wurde der Bundesregierung Umsetzungsempfehlungen des Arbeitskreises Industrie 4.0 übergeben. Auf der Hannover-Messe 2013 wurde ein Abschlussbericht des Arbeitskreises übergeben und gleichzeitig nahm die von den drei Branchenverbänden Bitkom, VDMA und ZVEI eingerichtete Plattform Industrie 4.0 ihre Arbeit auf. Sie soll die Aktivitäten in dem Zukunftsfeld künftig koordinieren.[3]

Technologische Voraussetzung sind cyber-physische Systeme und das „Internet der Dinge“ bzw. das „Internet der Dienste“. Auch die Flexibilisierung der Produktion (Losgröße 1) sowie die Digitalisierung von Entwicklungs- und Produktionsprozessen stehen im Vordergrund.

Die Losgröße ist ein fertigungstechnischer Begriff und gibt die Mengen einer Charge, Sorte oder Serie an, die hintereinander ohne Umschaltung oder Unterbrechung der Fertigung hergestellt wird. Die Losgröße ist so zu planen, dass die (entscheidungs-) relevanten Kosten je Stück (Stückkosten) minimiert werden; das ergibt die optimale Losgröße. hintereinander ohne Umschaltung oder Unterbrechung der Fertigung hergestellt wird. Die Losgröße ist so zu planen, dass die (entscheidungs-) relevanten Kosten je Stück (Stückkosten) minimiert werden; das ergibt die optimale Losgröße. Aus der Sicht der Fertigung ist es wegen der Fixkostendegression umso günstiger, je größer die Auflage oder Produktionsmenge ist. Aus der Sicht der Lagerabteilung sprechen wachsende Lagerkosten und Zinskosten des im Lager gebundenen Kapitals für eine Auflagen- oder Produktionsmengenverringerng.[5]

3.2 Technologische Voraussetzung

3.2.1 Cyber-physische Systeme

Cyber-Physische Systeme (CPS) sind Systeme mit eingebetteter Software und Elektronik, die über Sensoren und sogenannte Aktoren (Antriebselemente) mit der Außenwelt verbunden sind. Zunehmend werden sie untereinander und in das Internet vernetzt. Mithilfe der Sensoren verarbeiten diese Systeme Daten aus der physikalischen (der natürlichen) Welt und machen sie für netzbasierte Dienste verfügbar, die durch Aktoren direkt auf Vorgänge in der physikalischen Welt einwirken können. Die physikalische Welt verschmilzt also mit der virtuellen – dem Cyberspace. Man sagt auch, dass die physikalische Welt durch CPS mit der virtuellen Welt zu einem „Internet der Dinge“ wird.

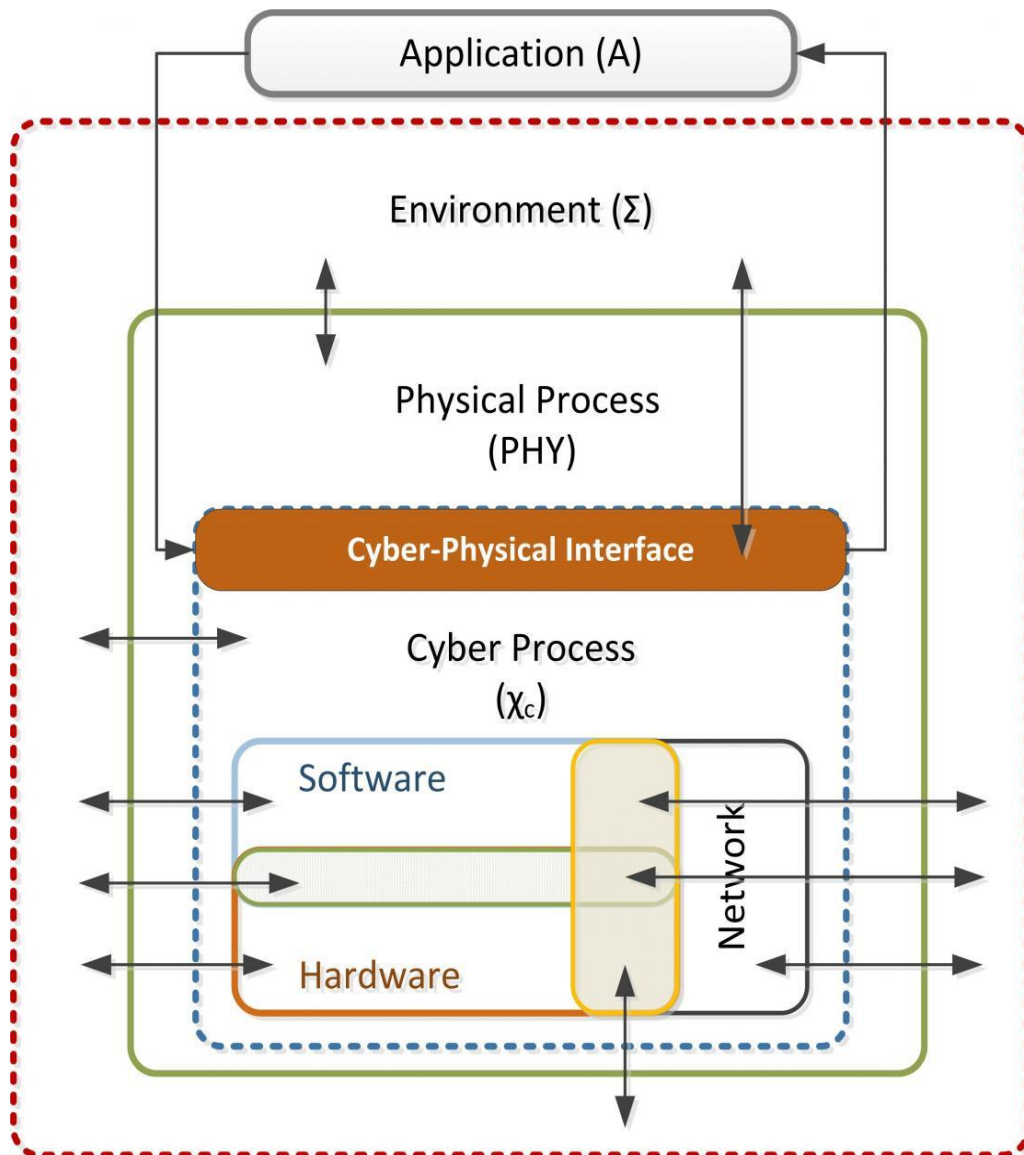


Abbildung 5 Aufbau Cyber-physische Systeme [31]

Erste Ansätze zu Cyber-physischen Systemen gibt es bereits heute – etwa in Form von Navigationssoftware. Zur verbesserten Routenführung leitet sie mithilfe von Mobilfunkdaten Stauinformationen aus aktuellen Bewegungsprofilen ab. Weitere Beispiele sind Verkehrssteuerungssysteme aus dem Bereich des Zug- oder Flugverkehrs. Hier greifen die Systeme aktiv steuernd ein.

Zukünftige CPS werden in den verschiedensten Anwendungsfeldern zum Einsatz kommen. Als Teil eines intelligenten Stromnetzes werden CPS das künftige Energienetz steuern.

In der industriellen Produktion werden internetbasierte Systeme entstehen, mit denen die Fernüberwachung selbstständig arbeitender Produktionssysteme möglich ist. Sogenannte Cyber – physische Produktions Systeme (CPPS) entstehen.

Sie ermöglichen eine dezentrale, reaktionsfähige, kontextadaptive Produktions- und Logistiksteuerung. Sowie die verstärkte Nutzung dezentral verfügbarer Sensorinformation und situationsbedingte, lokale Regelkreise, die Entscheidungsalternativen z.B. mit Hilfe virtueller Modelle der physikalischen Realität absichern.

Die wesentlichen technischen Merkmale von CPPS werden in vier Unterbereiche zusammengefasst.

- **Architekturmodelle:** Für die Integration heterogener Anlagen und Geräte sind Serviceorientierte Architekturen bzw. Multi-Agenten Systeme, welche mittels Botschaften flexibel untereinander Informationen austauschen können, geeignete Lösungsansätze, die eine minimale Standardisierung erfordern. Softwareagenten repräsentieren die Funktionalität der Maschinen und können über unterschiedliche und proprietäre Schnittstellen verfügen: ideal für die Migration von bestehenden Anlagen.
- **Kommunikation und Datendurchgängigkeit:** Für Industrie 4.0 ist die Koppelung der Daten aus Engineeringsystemen, Laufzeitsystemen sowie übergeordneten IT-Systemen eine Voraussetzung, um flexibel auf Änderungen im Produktionsprozess aber auch in der Ablösung von IT-Systemen reagieren zu können. Themen wie OPC-UA, AutomationML und die semantische Beschreibungen sind die Basis.
- **Intelligente Produkte und adaptive intelligente Produktionseinheiten:** Basierend auf der Produkt-Konfiguration eines Kunden stellen die CPPS-Produktionseinheiten unter Berücksichtigung von Produkteigenschaften, Kosten, Sicherheit, Zuverlässigkeit, Effizienz, Zeit, Nachhaltigkeit u.a.m. einen Produktionsablauf zusammen und sorgen für die Herstellung des Produkts. Tritt Anpassungsbedarf auf, tauschen die Produktionseinheiten sich eigenständig aus, passen sich an oder entwickeln sich entsprechend des Anpassungsbedarfs weiter.
- **Informationsaggregation und -aufbereitung für den Menschen:** Selbst wenn alle Daten integriert vorhanden sind, ist die wesentliche Herausforderung diese

dem Menschen, abhängig von seine individuellen Fähigkeiten und Vorlieben für seine Arbeitsaufgabe und Rolle, in geeigneter Form zur Verfügung zu stellen. [6]

3.2.2 Das Internet der Dinge

Der Begriff Internet der Dinge beschreibt, dass der (Personal) Computer zunehmend als Gerät verschwindet und durch „intelligente Gegenstände“ ersetzt wird. Statt – wie derzeit – selbst Gegenstand der menschlichen Aufmerksamkeit zu sein, soll das „Internet der Dinge“ den Menschen bei seinen Tätigkeiten unmerklich unterstützen. Die immer kleineren eingebetteten Computer sollen Menschen unterstützen, ohne abzulenken oder überhaupt aufzufallen. So werden z. B sogenannte Wearables (tragbare Computersysteme), mit unterschiedlichen Sensoren direkt in Kleidungsstücke eingearbeitet.

Das Internet der Dinge bezeichnet die Verknüpfung eindeutig identifizierbarer physischer Objekte (Dinge) mit einer virtuellen Repräsentation in einer Internet-ähnlichen Struktur. Es besteht nicht mehr nur aus menschlichen Teilnehmern, sondern auch aus Dingen.



Abbildung 6 Internet der Dinge [32]

Die automatische Identifikation mittels RFID wird oft als Grundlage für das Internet der Dinge angesehen. Allerdings kann eine eindeutige Identifikation von Objekten auch mittels Strichcode oder 2D-Code erfolgen.

Geräte wie Sensoren und Aktoren erweitern die Funktionalität um die Erfassung von Zuständen bzw. die Ausführung von Aktionen.

Über die oft betrachteten technischen Voraussetzungen und Notwendigkeiten, den Medienbruch zwischen dinglicher und virtueller Welt zu verringern, bietet das Internet der Dinge das Anwendungspotenzial, Informationen aus der dinglichen Welt effizient zu erfassen und effektiv digital weiterverarbeiten zu können. Die Sichtweisen des Internet der Dinge lassen sich auf das Umfeld der Produktion übertragen.

Die Industrie wird in der Lage sein, sehr stark individualisierte Produkte in kleinen Stückzahlen (bis zur Stückzahl eins) zu produzieren und dies bei einer hohen Ressourcenproduktivität und mit einer entsprechenden Geschwindigkeit darstellen können. [15,16]

3.2.3 Das Internet der Dienste

Das Internet der Dienste hat folgende Aufgaben:

- Speicherung individueller Information am Objekt
- Vernetzung der Objekte
- individuelle Entscheidungsfindung auf Basis lokal ausgewerteter Information
- individuelle Services auf Abruf zur echtzeitnahen, ereignisorientierten Steuerung von Prozessen

Zusammen stellen diese Technologien die Basis für Industrie 4.0 dar. Die sogenannte Smart Factory entsteht.

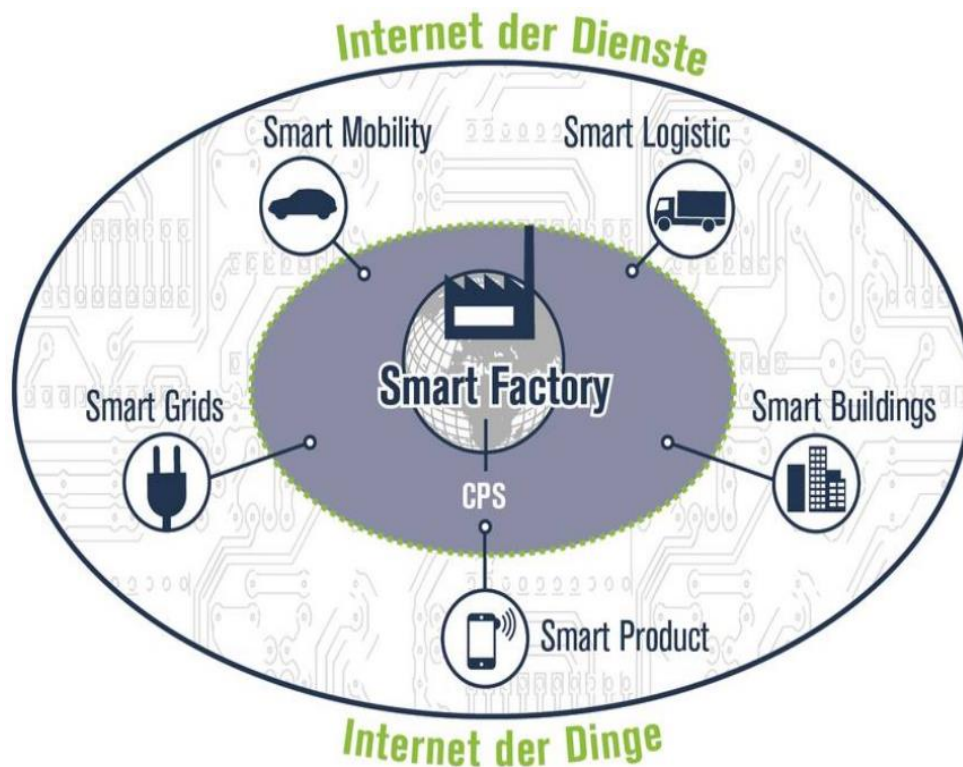


Abbildung 7 Smart Factory [27]

Smart Factory, bedeutet also so viel wie ein kontinuierlicher Informationsaustausch zwischen der planenden Leit- und der operativen Prozessebene.

Das Produkt bringt seine Fertigungsinformationen in maschinell lesbarer Form selbst mit, z. B. auf einem RFID-Chip. Anhand dieser Daten werden der Weg des Produkts durch die Fertigungsanlage und die einzelnen Fertigungsschritte gesteuert. Mit anderen Übertragungstechniken, wie etwa WLAN, Bluetooth, Farbcodierungen oder QR-Codes wird derzeit auch experimentiert.[8]

4 Prozessautomatisierung

4.1 Allgemeines

Die Prozessautomatisierung beschäftigt sich mit der Automatisierung von technischen Prozessen. Ein technischer Prozess ist ein Vorgang, durch den Materie, Energie oder Information in ihrem Zustand verändert wird. Diese Zustandsänderung kann beinhalten, dass ein Anfangszustand in einen Endzustand überführt wird. Technischer Prozess bedeutet Materie-, Energie- oder Informationsfluss. Die physikalischen Größen des Prozesses werden mit technischen Mitteln erfasst und beeinflusst.[17]

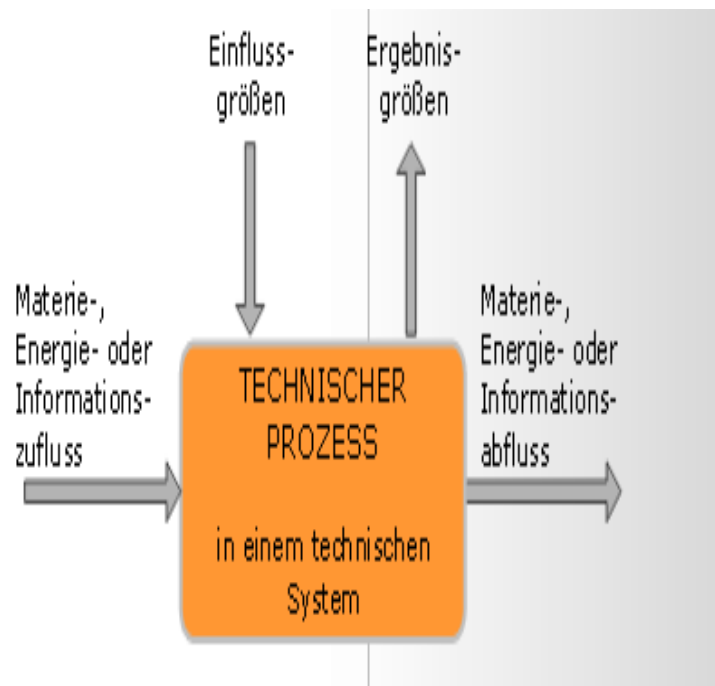


Abbildung 8 Technischer Prozess [17]

4.2 Industrie 4.0 in der Prozessautomatisierung

Was unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ in anderen Branchen diskutiert wird, lässt sich größtenteils auch auf die Prozessindustrie übertragen. Allerdings sind es hier weniger die Produktkomponenten, die miteinander kommunizieren, als die Bestandteile der Anlage: Die Pumpe in der modularen Anlage meldet ihre Verfügbarkeit und ihr Leistungsspektrum nicht nur an die zentrale Steuerung, sondern auch an das Ventil, die Temperaturmessung leitet Heizung oder Kühlung oder den nächsten Prozessschritt ein.

Auch die Nutzung der neuen Möglichkeiten durch Big Data und deren Analyse zur Optimierung, Flexibilisierung und Modularisierung der Produktion.

Im Zentrum steht hier, die Prozesse von der Bestellung und Lieferung der Rohstoffe über die Fertigstellung und Auslieferung kontinuierlich und möglichst störungsfrei durchzuführen. Produktionsanlagen sollen zudem bei wechselnden Kundenaufträgen und Mengen optimal und effizient genutzt werden.

Die Analyse der zentralen Motivationen bei der Umsetzung von Industrie 4.0 auf Unternehmensebene zeigt, dass die Steigerung der Produktivität, des Umsatzes, der Produktionsflexibilität bei gleichzeitiger Kostensenkung, die wichtigsten gemeinsamen Treiber über alle Unternehmensgrößen hinweg sind.[18]

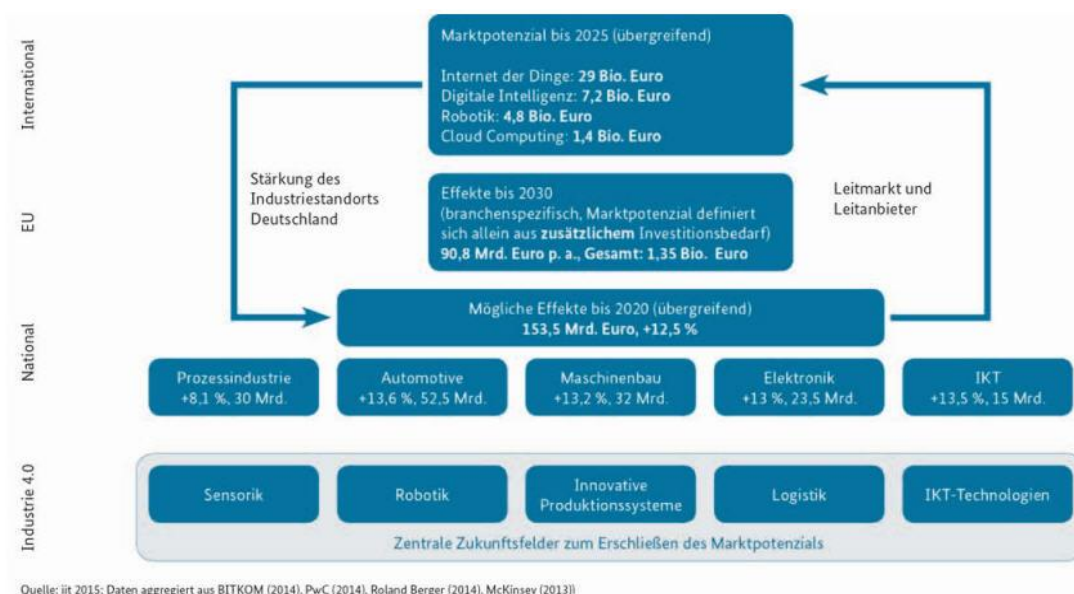


Abbildung 9 Hohes Potential für die Prozessautomatisierung durch Industrie 4.0 und deren Schlüsseltechnologien [33]

Wiederum darf eine effiziente IT-Sicherheit nicht außer Acht gelassen werden. Im Zuge der vierten industriellen Revolution werden alle Komponenten eines Prozesses, sei es ein ERP-System (Enterprise-Resource-Planning) um rechtzeitig und bedarfsgerecht zu planen und zu steuern oder Rechner der Steuerungs- und Betriebsleitebene sowie Sensoren und Aktoren auf der Feldebene eine Internetadresse besitzen und von „außen“ zugänglich sein. Statusmeldungen, Anforderungen von Rohstoffen, Steuerbefehle, Konstruktionsdaten, Informationen über Energieverbrauch, Wartungsstand und Ausschussquoten von Anlagen, all das wird in einem wesentlich höheren Maß als heute in den Netzen zirkulieren und verteilt in der "Cloud" gespeichert werden. Diese Daten sind wettbewerbsrelevant. Ausreichende Konzepte zu diesem Thema fehlen bislang.

Industrie 4.0 bzw. das industrielle Internet der Dinge und Dienste erfordern eine umfassende Integration vorhandener Systeme.

Ermöglicht werden kann dies nur auf Grundlage gemeinschaftlich anerkannter Festlegungen, Normen und Spezifikationen. Wie weit sind die Standards für Industrie 4.0? Die Standardisierung reicht von einer Eindeutigen Normierung von Begrifflichkeiten bis hin zu den Schnittstellen für die Datenübertragung. Hierzu gibt es inzwischen schon einige Plattformen und Institutionen, sowohl nationale als auch internationale, branchenspezifische als auch disziplinär übergreifende Konsortien.

Entsprechend ausgerichtete Aktivitäten finden sich unter andern in der “Deutschen Normungs-Roadmap Industrie 4.0“, erarbeitet von DKE (*Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE*) und das *Deutsche Institut für Normung* (DIN), das Industrie 4.0 weiter voranzutreiben plant.

Das Grundgerüst für die vierte industrielle Revolution steht. Wie werden diese Prinzipien, Grundlagen und Technologien nun in der Prozessautomatisierung eingesetzt? Gibt es Standards, und eine optimale Lösung für die IT-Sicherheit? Vor welchen Herausforderungen steht man? Was bedeutet Industrie 4.0 für ein Unternehmen und deren Mitarbeitern?

All diese Faktoren werden anhand einiger praktischer Beispiele verglichen und es wird aufgezeigt wie weit Industrie 4.0 schon im Produktionsalltag vertreten ist. Handelt es sich bei den Lösungen für Industrie 4.0 der einzelnen Unternehmen wirklich um Industrie 4.0? Werden alle Faktoren beachtet? [19]

5 Die Industrie 4.0 - Anlage von SmartFactory^{KL}

5.1 Allgemeines

SmartFactory^{KL} mit Sitz in Kaiserslautern ist ein Zusammenschluss von mehreren Unternehmen und Instituten, die gemeinsam wichtige Erfahrungen sammeln und konkrete Lösungen für die Praxis entwickeln um die Zukunft der Industrie 4.0 maßgeblich zu beeinflussen.

Partner von SmartFactory^{KL} sind unter anderem Unternehmen wie Rittal GmbH & CO. KG die führender Anbieter für Technology Packing und Schaltschrank-Systeme sind. Huawei der ein weltweit führender Anbieter von Informationstechnologien und Telekommunikationslösungen ist sowie die Technische Universität Kaiserslautern. Dies ist nur ein kleiner Auszug insgesamt gibt es mehr als 30 Partner.

Weiteres initiiert und begleitet SmartFactory^{KL} in Kooperation mit den relevanten Verbänden und Gremien Standardisierungsvorhaben auf nationaler und internationaler Ebene. Durch die Bereitstellung erster öffentlich zugänglicher Standards wird die Verwirklichung von konkreten Produkten vereinfacht.

Die intelligente Fabrik von morgen ist vollständig modular aufgebaut. Mit standardisierten Schnittstellen und modernster Informationstechnologie ermöglicht sie eine hochflexible automatisierte Fertigung nach dem Motto „Plug&Produce“. Die intelligente Fabrik von morgen liefert damit Antworten auf Anforderungen wie immer kürzere Produktzyklen, zunehmende Individualisierung von Produkten und wachsenden Kostendruck.

5.2 Die Industrie 4.0 – Anlage

Gemeinsam mit den Partnern wurde eine vollständige Produktionslinie entwickelt. Die Linie verbindet Anlagenteile und Steuerungselemente unterschiedlichster Hersteller zu einer voll funktionsfähigen smarten Fertigungslinie. Dabei dient sie nicht nur als Demonstrationsplattform, sondern fungiert auch als Testbed für neue Technologien, Steuerungsarchitekturen und Komponenten, die von den verschiedenen Partnern im Rahmen von Prototypentests und Pilotvorhaben integriert, getestet und weiterentwickelt werden.

Das System besteht aus folgenden neun Modulen:

- Lagermodul

Es dient als intelligenter Speicher für Werkstückträger. Jeder Träger wird beim Passieren mittels Sensor erfasst und durch die RFID-Technologie identifiziert. Das Werkstückmanagement reguliert und optimiert automatisch den Materialfluss. Wird ein neuer Auftrag gemeldet wird automatisch ein neuer Träger in Umlauf gebracht.

- Bodengravieren

Das intelligente Modul initialisiert per RFID während des Prozesses das digitale Produktgedächtnis mit einem Fertigungsauftrag. Der Fertigungsauftrag wird per http-Protokoll vom Web-Server des übergeordneten ERP-Systems mittels eines eigens entwickelten Web-Clients geladen. Entsprechend dem Produktgedächtnis wird über eine CNC-Graviersteuerung eine individuelle Gravur aufgebracht.

- Fertigung

Im Produktionsschritt, den das Fertigungsmodul vollzieht, wird eine Halterungsfeder auf den Plastikboden aufgebracht. Über das Open Core Engineering wird eine Brücke zur IT-Welt geschlagen und vereinfacht die horizontale und vertikale Vernetzung. Es erschließt die Funktionsbreite von Smart Devices für die Inbetriebnahme, Bedienung und Diagnose bis zur Integration in IT-Prozesse. Basierend auf Open Core Engineering ist die Verknüpfung von Maschinenereignissen und IT-Prozessen mittels Regeln und Diensten möglich. Die Ergebnisse werden am Modul über ein Multitouch-Display angezeigt.

- Deckelverprägen

Im Modul Deckelverprägen findet die zentrale Montage der zwei Gehäuseteile statt. Die Grundplatte mit montierter Halteklammer wird mit dem Deckel montiert, nach Kundenwunsch in einer von zwei Farben. Das Modul setzt den Deckel per Roboter auf die Grundplatte auf und verprägt beide miteinander.

- Robotermodul

An das Modul kann außerdem ein funktionserweiterndes Roboter-Modul ange-dockt werden, das von SmartFactory^{KL} realisiert wurde und zusätzliche Deckel in anderen Farben bereitstellt. Eine Nachbarschaftserkennung an der Rückseite des Moduls überprüft dazu automatisiert, ob der Funktionserweiterer bereitsteht. Der im Erweiterungsmodul bereitstehende Roboter kann dann die weiteren Farben aus einem Lager entnehmen und an das Deckelverprägen-Modul übergeben. Auch in der Auftragseingabe wird automatisch zurückgemeldet, ob und für welchen Service die Funktionserweiterung angefügt ist. Demnach kann die Auf-

tragseingabe, passend zur jeweiligen Anlagentopologie, die möglichen Produktvarianten zur Auswahl wiedergeben.

- Deckelgravieren

Das Modul Deckelgravieren bringt per Laserbeschriftungssystem eine individuelle Gravur (Losgröße 1) auf der Oberseite des Visitenkartenhalters an. Die Gravur zeigt den Namen und eine digitale Visitenkarte mit einem gravierten QR-Code. Individuell können diese Daten auf Kundenwunsch noch bis zum Prozessschritt flexibel geändert werden. Neben der herkömmlichen, im Produktionsumfeld weithin gebräuchlichen Soft-SPS-Steuerung werden in dem Modul einzelne Systeme exemplarisch über eine PHOENIX CONTACT SOA-SPS gesteuert. Dies zeigt eine mögliche Umsetzung der Industrie 4.0 Referenzarchitektur mit SPS-basierter Automatisierung

- Qualitätskontrolle

Das Modul Qualitätskontrolle übernimmt zwei Aufgaben: die Endkontrolle des Produktes mittels einer hochauflösenden Kamera sowie die Ausgabe des fertigen Visitenkartenhalters. Dem Industrie 4.0-Gedanken entsprechend, wurde bei der Realisierung des Moduls auf eine durchgängige Vernetzung mit Industrial Ethernet geachtet.

Das beschriebene funktionserweiternde Robotermodul kann auch an dieses Modul angedockt werden und eine weitere Funktion darstellen. Je nach Ausstattung des Magazins kann das Robotermodul auch ein weiteres Give-Away in das fertig assemblierte Visitenkartenetui einlegen. Dazu entnimmt der Roboter das Produkt aus dem LAPP-Modul und legt ein visitenkartenförmiges Give-Away in die Klammer ein. Die fertig zusammengeführten Produkte werden dann wieder in das LAPP-Modul eingelegt und weiter prozessiert.

- Wägemodul

Das letzte Modul im Produktionsprozess ist das sogenannte Wägemodul, das ebenfalls von SmartFactory^{KL} realisiert worden ist. Eine integrierte Hochpräzisionswaage ermittelt das spezifische Gewicht jedes Produktes. Über einen Abgleich mit dem aktuellen Fertigungsstatus auf dem Produktgedächtnis erfolgt damit eine zusätzliche, messtechnische Qualitätskontrolle, ob jegliche Komponenten verbaut und entsprechende Give-Aways eingelegt wurden.

- Handarbeitsplatz

Angeschlossen an diesen Prozess ist ein Handarbeitsplatz. Trotz fortschreitender Automatisierung und integrierter Informationstechnologie werden auch in Zukunft wichtige Montage-, Instandhaltungs- und Wartungsprozesse von Menschen

ausgeführt. Hier gilt es, Effizienz, Ergonomie sowie Qualitätssicherung miteinander in Einklang zu bringen. Im Rahmen der Initiative integriert MiniTec auf Basis seines Baukastensystems einen Montagearbeitsplatz in die Produktionslinie von SmartFactory^{KL}. Der Handarbeitsplatz ist ein höhenverstellbarer, ergonomisch konzipierter Systemarbeitsplatz. Er bietet Platz für Werkzeug und Zubehör und ist mit einem griffgünstig angeordneten Regal ausgestattet. Außerdem ist er dafür vorbereitet, die Steuerungs- und Regelungssysteme aufzunehmen. Mit feststellbaren Lenkrollen versehen, ist er in der Produktion flexibel einsetzbar.



Abbildung 10 SmartFactory^{KL} [34]

Die Infrastrukturboxen des SmartFactory^{KL} Demonstrators herstellerindividuell gefertigt. Die Interoperabilität zwischen den Modulen und auch über die Boxen hinweg ist dabei trotzdem gegeben, da unter der Leitung von SmartFactory^{KL} konsequent Standards entwickelt werden, die für alle Projektpartner verbindlich sind. Konkret sind vier verschiedene Boxen ausgestaltet worden, die einzelne Hersteller entwickelt haben. Alle Boxen erfüllen die Aufgabe, die Anlagenmodule mit Druckluft, Starkstrom sowie Industrial Ethernet zu versorgen und an die Notausschleife anzubinden, um die Kommunikation zur Wahrung der funktionalen Sicherheit herzustellen. Das „Plug & Produce“ Konzept wird Realität.



Abbildung 11 Infrastrukturbox [35]

Der SmartFactoryKL Demonstrator zeigt die Plug&Produce-Eigenschaften einer Produktionslinie. Die damit verbundenen wichtigen Aspekte wie operationale Exzellenz, Transparenz in Echtzeit, vorausschauende Instandhaltung und Qualitätssicherung werden durch einen einheitlichen und flexiblen Produktionsleitstand auf Basis von IBM Cognos, IBM SPSS und DataClarity DashInsight veranschaulicht. Dafür werden die Betriebs- und Produktdaten aus den Produktionsmodulen über Protokolle wie OPC UA erfasst, angereichert und strukturiert in einem Data Historian abgelegt. Daraus werden analytische Ergebnisse abgeleitet, um Engpässe, Ausschuss, Nacharbeit und Ausfallzeiten zu vermeiden. Als Datendrehscheibe dient der IBM Integration Bus, der die Module untereinander und mit den übergreifenden IT-Systemen verbindet. Dies sind die Kernelemente der IBM Lösung Predictive Maintenance and Quality. Weitere Lösungen des IBM Portfolios im Industrie 4.0-Kontext adressieren Security Intelligence, flexible Anwendungsentwicklung im Team, IBM Decision Optimization zur automatisierten Produktionsoptimierung sowie erste Einsätze der Watson-Technologie.

Der zentrale .NET Client und das OPC-UA-Informationsmodell der SmartFactory^{KL} Demonstrationsanlage wurden mit Hilfe des OPC UA .NET Client Development Toolkits von Softing entwickelt. Neben der Bereitstellung des Toolkits unterstützte Softing die Entwicklung mit einer OPC-UA-Schulung. Nachdem die einzelnen Module hochgefahren sind und erste Zustandsdaten an das Informationsmodell übertragen haben, kümmert sich der .NET Client zunächst um die Topologie-Erkennung. Sobald er vom ERP-System den entsprechenden Auftrag bekommen hat, initiiert er den Produktionsvorgang

und verfolgt mittels des Informationsmodells, in welchem Modul und in welchem Bearbeitungsschritt sich das jeweilige Produkt innerhalb der Anlage befindet. Die Informationen im OPC-UA-Informationsmodell wie Topologie, Produktionsstatus (aktiv, Rekonfiguration, Fehler usw.), Kundennummer und Priorität des jeweils eingelesenen Produktes werden ständig aktualisiert und ermöglichen somit einen Plug&Produce-Austausch der Module sowie die flexible Gestaltung der Anlage für eine auf Losgröße Eins orientierte Produktion.

Die Connected-Factory-Architektur von CISCO verbindet intelligente Netzwerke, Server-Architekturen und Unified Communication mit dem Ziel IT- und Automatisierungstechnik zu vereinen. Damit werden die Voraussetzungen einer modernen Industrie 4.0-Umgebung im Unternehmen geschaffen. Das Zusammenspiel der CISCO Technologien ermöglicht Anwendungen im Bereich vorbeugende Wartung, multimedialer Remote-Zugriff auf Anlagen und Fernwartungskonzepte.

Eplan Software & Service wird bei SmartFactory^{KL} das Engineering zukünftiger Produktionsanlagen übernehmen. Die Automatisierungstechnik der einzelnen Fertigungsmodule muss interdisziplinär projektiert, ausgelegt und dokumentiert werden, weil dies für Aufbau, Effizienz und Betriebssicherheit Cyber-Physischer Systeme (CPS) zwingend notwendig ist. Die in Eplan dokumentierte Steuerungstechnik wird in der gesamten Supply Chain und über den kompletten Produktlebenszyklus hinweg von Zulieferer über Endkunde bis Anlagenbetreiber als durchgängige, konsistente Datenbasis genutzt. Daher erforscht Eplan aktuell, welche Informationen durch die Verknüpfung von Prozessdaten mit der steuerungstechnischen Logik in Zukunft zu Mehrwerten in der Produktionsphase beim Betreiber führen. Ziel ist es, die gewonnenen Erkenntnisse bereits in der Engineering-Phase zu berücksichtigen bzw. im PLM-Prozess (Product-Lifecycle-Management) des Zulieferers anzureichern. Die in Eplan generierte Dokumentation der Steuerungstechnik eignet sich z. B. für professionalisierte Maintenance-Szenarien oder die Optimierung der Energiebilanz.

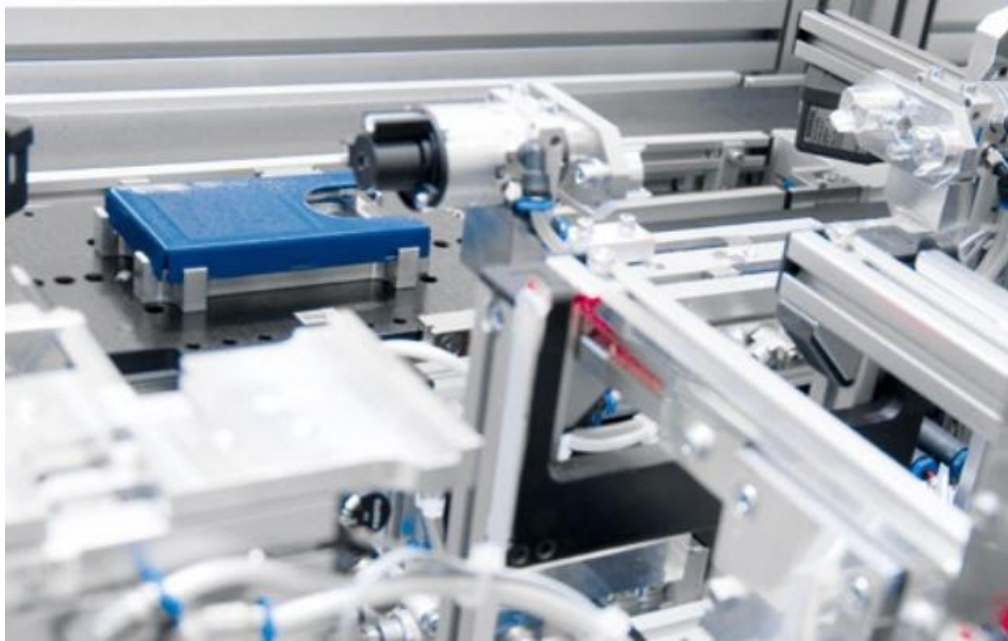


Abbildung 12 Abfrage der individuellen Daten jedes Produkts per RFID [36]

Um die Realisierung der intelligenten Fabrik von morgen ein weiteres bedeutendes Stück voranzutreiben, erarbeitet die Firma TÜV Süd einen Entwurf über eine modulare Zertifizierungsmethodik für flexible Anlagenstrukturen im Kontext von Industrie 4.0. Denn bei der Überführung in die Realität sind insbesondere diese sicherheitstechnischen und rechtlichen Fragestellungen bislang noch wenig betrachtet und können ein potenzieller Showstopper sein. Die erarbeitete Zertifizierungsmethodik enthält ein konkretes zeitliches Vorgehen, das die Vorteile von Industrie 4.0 auch in der betrieblichen Praxis umsetzbar macht.[20]

5.3 Schlussbetrachtung

Die Produktionslinie vom SmartFactory^{KL} vereint Module unterschiedlichster Hersteller miteinander. Verschiedenen Steuerungsarchitekturen arbeiten nahtlos zusammen. Mit Hilfe digitaler Produktgedächtnisse erreicht die vollautomatisierte Produktionsanlage dezentral gesteuerte Abläufe und fertigt verschiedene Produktvarianten ganz nach den Bedürfnissen des individuellen Kunden. Die einzelnen Produktionsmodule erkennen die Anlagentopologie automatisch, so dass diese im laufenden Betrieb erweitert oder umgebaut werden kann und innerhalb von Minuten wieder einsatzfähig ist. Die Fertigung wird damit hochflexibel und eine wirtschaftliche Produktion mit Losgröße 1 rückt in greifbare Nähe. Die Produktionslinie ist in sich abgeschlossen ist. In kürzester Zeit kann eine Fertigungsline eingerichtet oder umgebaut werden.

6 Die smarte Fabrik von Bernecker und Rainer

6.1 Allgemeines

B&R ist ein Privatunternehmen mit 2600 Mitarbeitern. Der Hauptsitz befindet sich in Österreich. Mit 175 Niederlassungen ist B&R in der ganzen Welt vertreten.

Als einer der Branchenführer in der Industrieautomatisierung kombiniert B&R modernste Technologien mit fortschrittlichem Engineering. B&R stellt den Kunden verschiedenster Branchen Gesamtlösungen in der Prozessautomatisierung, Antriebs- und Steuerungstechnik, Visualisierung und integrierten Sicherheitstechnik bereit.

Mit seinen Lösungen setzt B&R Standards in der Automatisierung und hilft Prozesse zu vereinfachen. Zur Produktpalette von B&R zählen unter anderem Speicherprogrammierbare Steuerungen, Frequenzumrichter, Industrie-PC und Embedded PC sowie Entwicklungswerkzeuge (AutomationStudio), Prozessleittechnik (APROL).

Die Firma Bernecker und Rainer betreibt seit 2006 eine „smarte Fabrik“. Die durchgehend vernetzte Produktion wird laufend um neue Entwicklungen erweitert. Das jüngste Project der digitalen Fabrik von B&R ist die Optimierung der Industrie-PC-Fertigung.



Abbildung 13 Smart Factory Bernecker und Rainer [37]

6.2 Die SmartFactory

Die smarte Fabrik von B&R besteht aus unterschiedlichen Linien und Fertigungsplätzen.

Anhand der Industrie-PC-Fertigung wird erklärt wie B&R die Gedanken und Ideen von Industrie 4.0 realisiert hat.

Die Produktion für einen Industrie PC startet bei der Online-Konfigurator, mit diesem Tool stellt der Kunde exakt den PC zusammen, den er für seine Bedürfnisse braucht.

Das ERP-System prüft, ob die Zusammenstellung plausibel ist und erstellt automatisch eine Stückliste, die mit einer eindeutigen Seriennummer verknüpft wird. Mit mehr als 250 Milliarden Möglichkeiten sich einen Industrie-PC fertigen zu lassen, steht man vor der großen Herausforderung den Produktionsablauf so gut wie möglich zu planen. Die meisten Bestellungen umfassen Stückzahlen im zwei- oder dreistelligen Bereich. In der Produktion von B&R spielt die Auftragsgröße jedoch keine Rolle mehr, Bestellungen von 1000 Stück sowie Losgröße 1 werden effizient abgewickelt.

Das ERP-System plant die Abarbeitung der Aufträge und stellt eine reibungslose Logistik sicher. Werden Teile aus dem Lager benötigt, werden diese Just-in-time in die Produktionshalle geliefert. Dabei kommt ein Vorteil der Smart Factory von B&R zum Zug: Das Werk in Eggelsberg ist horizontal und vertikal komplett vernetzt.

In dem homogenen Netz hängen alle Maschinen, jede Komponente der Gebäudeautomatisierung und das ERP-System. Diese Lösung hat den Vorteil, dass es nicht viele Subnetze gibt, die mehr oder weniger gut über Schnittstellen angekoppelt sind. Somit kann das ERP-System das Hochregallager steuern. Auf Basis aktueller und zu erwartender Auftragseingänge sortiert das ERP-System Materialien im Hochregallager um und löst selbstständig eine Nachbestellung aus.

Geht eine PC-Bestellung beim Arbeitsplatz eines Mitarbeiters ein, sind bereits alle nötigen Bauteile in Griffweite. Mit Bildschirmanweisungen und Lichtsignalen wird der Mitarbeiter beim Zusammenbauen jedes individuellen PCs unterstützt. Die Arbeitsplätze sind ergonomisch gestaltet, die Arbeitsflächen lassen sich einfach an unterschiedliche Bedürfnisse der Mitarbeiter anpassen.

Während und nach der Assemblierung wird jeder PC mehrfach getestet. Dabei wird die korrekte Montage überprüft, CPU und Arbeitsspeicher werden Funktions- und Belastungstests unterzogen. Erst wenn alle Tests positiv abgeschlossen sind, wird im ERP-System automatisch eine Freigabe für den Versand des PCs gesetzt.

Alle Produktionsschritte für jedes einzelne Produkt sind lückenlos rückverfolgbar. Die Traceability erstreckt sich auf den ganzen Lebenszyklus: Anhand der Seriennummer des PCs lässt sich auch Jahre nach der Produktion jeder Funktionstest abrufen und jede Teilkomponente eindeutig identifizieren. Kunden sind in der Lage technische und Kaufmännische Daten einer Komponente anhand der Seriennummer abzurufen. Dazu gehören Versionsinformationen, Auslieferungsdatum, Gewährleistungsstatus und vieles mehr.[21]

6.3 Schlussbetrachtung

Mit der Hilfe der Vernetzung aller im Prozess beteiligten Komponenten sowie übergeordneter Systeme kann man hier eine Vereinfachung der Fertigung erzielen. Von Unternehmenssicht ist sicher die Aufzeichnung aller Prozessrelevanter Daten ein Vorteil, aber was heißt das für den Mitarbeiter der die Maschine bedient. Es findet eine permanente Aufzeichnung statt, unzählige Informationen werden gesammelt. Wie diese Informationen weiterverarbeitet werden liegt in der Hand des Unternehmens. Man kann mit diesen Daten sehr einfach den Mitarbeiter dauerhaft überwachen, jeden Fehler aufzeigen aber sicher auch den Arbeitsablauf vereinfachen.

7 Das Multi-Carrier-System

In enger Zusammenarbeit der Unternehmen Festo und Siemens entstand ein Multi-Carrier-System. Es handelt sich um ein Transportsystem, das für mehr Flexibilität im Produktionsprozess sorgt.

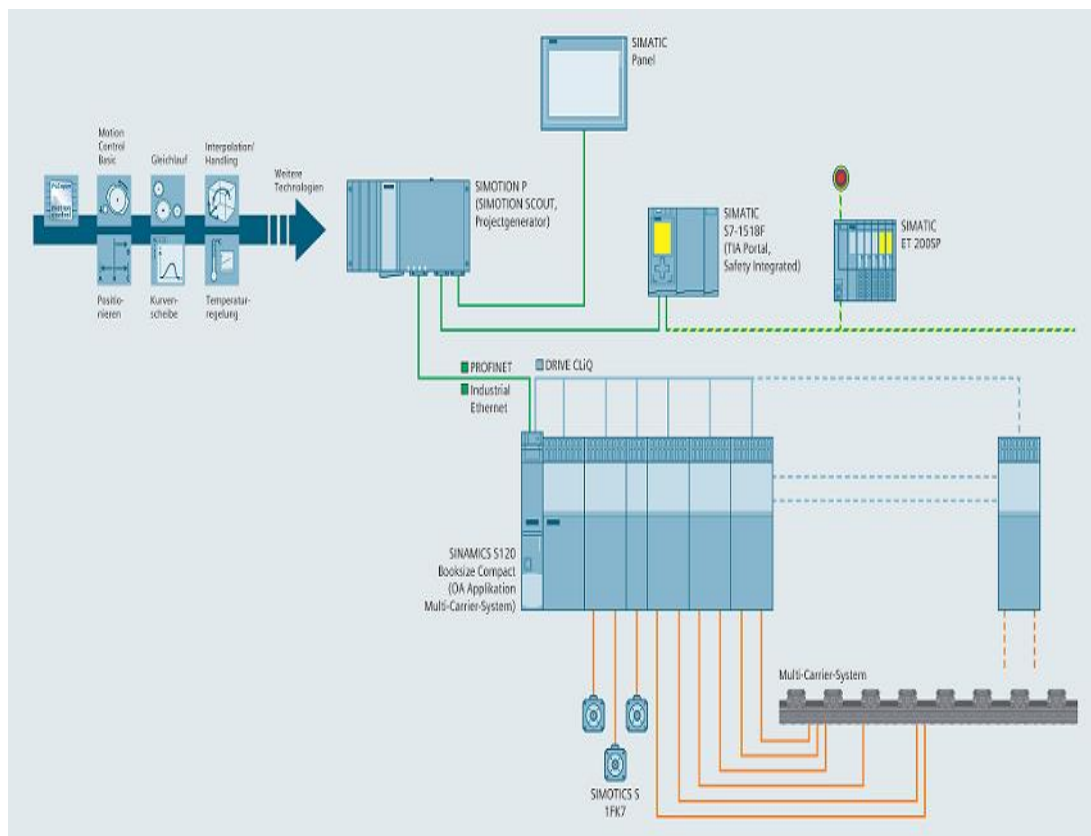
7.1 Allgemeines

Die Siemens Aktiengesellschaft ist ein integrierter Technologiekonzern mit den vier Hauptgeschäftsfeldern Energie, Medizintechnik, Industrie sowie Infrastruktur und Städte. Gegründet in Berlin, ist der heutige Siemens-Konzern in 190 Ländern vertreten und zählt Weltweit zu den größten Unternehmen der Elektrotechnik und Elektronik.

Festo AG & Co. KG ist eine Unternehmensgruppe der Steuerungs- und Automatisierungstechnik mit Stammsitz in Esslingen am Neckar. Festo gehört zu den führenden Automatisierungsunternehmen weltweit und ist mit seiner Tochter Festo Didactic in Denkendorf (Württemberg) auch in der industriellen Weiterbildung weltweit führend.

7.2 Das Transportsystem

Mit der Transportlösung „Multi-Carrier-System“ entsteht mehr Flexibilität in der Maschine. Die Auflösung der starren Verkettung herkömmlicher Transportstrecken schafft dabei neue Freiheiten und bietet maximale Dynamik. Bei diesem konfigurierbaren Transportsystem bewegen sich die von Linearmotoren angetriebenen Transportwagen flexibel zu den einzelnen Aggregaten wie beispielsweise Füllen, Schließen oder Etikettieren. Das System bewegt sich frei und exakt synchron zum Prozess und lässt sich in die vorhandene Intralogistik einbinden – inklusive nahtlosem Ein- und Ausschleusen der Wagen. Die anderen Transportstrecken bleiben unverändert. Das modulare Konzept ermöglicht eine schnelle Umstellung der Maschine auf unterschiedliche Formate, andere Produktarten oder saisonale Anforderungen sind einfach möglich. Das integrierte Konzept erlaubt dabei die Steuerung der Transportbewegungen und Motion Control-Funktionalität sowie die Koordination weiterer Maschinenmodule.



- Simplex, modular aufgebautes mechanisches Grundsystem
- Linearmotor, Grundprofil und Laufrollenband
- Passiver Wagen ohne Motor und aktive Elektronik für verschleiß- und vibrationsarme Transportbewegung
- Leistungsstarke Steuerung: vollständige Integration von Steuerungs- und Motion-Control-Aufgaben für das Gesamtsystem

Das Transportsystem ist ein frei konfigurierbares lineares System mit einer einfachen Integration in eine vorhandene Logistik. Die Wagen können nahtlos ein- und ausgeschleust werden. Die Beschleunigung und Geschwindigkeit ist frei und individuell einstellbar auch können die Wagen gruppiert werden und somit synchron bewegt werden.

[22]

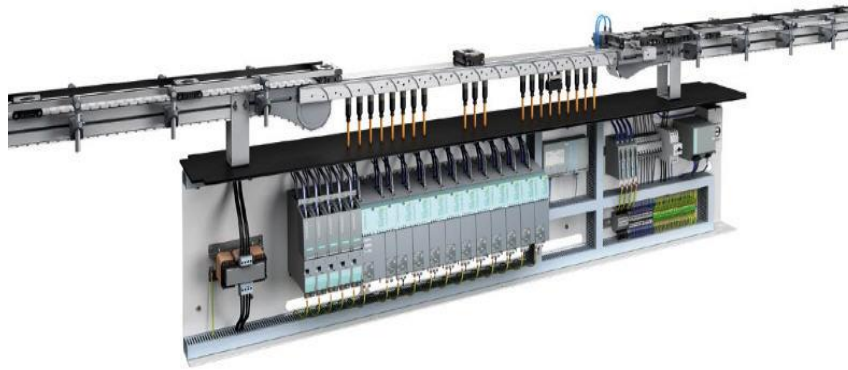


Abbildung 15 Multi-Carrier-System [39]

7.3 Schlussbetrachtung

In diesem System wurden wichtige Industrie 4.0 relevante Optionen realisiert. Losgröße 1 kann durch den maximal elektro-mechanischen Aufbau erreicht werden. Die dezentrale Sensorik und Intelligenz in den Werkstücken und Antrieben vereinfacht die Fertigung. Eine vollständige Simulation der späteren Anlage zur Systemauslegung und Systemoptimierung ist möglich.

Mit dieser Erweiterung kann man die Möglichkeit schaffen Anlagen in Richtung Industrie 4.0 zu treiben.

8 Chancen und Risiken für die Prozessautomatisierung

In den drei vorangegangenen Beispielen sieht man in wie weit Industrie 4.0 schon in den Produktionsalltag Einzug gehalten hat. Bei den Beispielen handelt es sich einerseits um ein Forschungsprojekt bei dem viele Unternehmen Ideen eingebracht haben um eine Fertigungslinie mit den Aspekten Industrie 4.0 zu entwickeln. Bei dem Beispiel von Bernecker und Rainer sieht man wie dieses Thema in der Praxis umgesetzt wurde. Mit dem Transportsystem wird aufgezeigt wie einzelne Komponenten in der Produktion Industrie 4.0 einsetzen und somit eine Fertigungsanlage verbessern können und somit eine Schrittweise Umsetzung der Industrie 4.0 zu verwirklichen. Welche Vorteile ergeben sich dadurch, und mit welchen Nachteilen muss man rechnen? Wie schwer wiegen diese?

Vorteile sind unter anderem, dass individuelle Kundenwünsche berücksichtigt werden können. Selbst eine Einzelstückanfertigung kann rentabel produziert werden. Auch kann kurzfristig in die Produktion eingegriffen werden, um z.B. letzte Änderungen am Prototypen zu realisieren oder um flexibel auf Störungen und Ausfälle zu reagieren. Durch die Analyse aller Komponenten im Prozess führt das zu einer stetigen Verbesserung der Produktion, auch können dadurch schneller Entscheidungen getroffen werden. Natürlich entstehen hier auch große Datenmengen die mit einigem Aufwand verarbeitet werden müssen.

Es fallen nicht nur Prozess- bzw. Maschinenbezogene Daten an, auch kann man ganz einfach aufzeichnen wie schnell ein Mitarbeiter einen Handgriff ausgeführt hat, ob Pausenzeiten eingehalten werden und vieles mehr. Man hat einen gläsernen Mitarbeiter, der sehr einfach zu kontrollieren ist. Für das Unternehmen sicher kein Nachteil, doch was die ständige Kontrolle für den Mitarbeiter bedeutet ist schwer abzuschätzen. Auch das all diese Daten und die Vernetzung aller dieser Systeme eine große Angriffsfläche für gezielte Cyber-Attacken bieten, ist nicht von der Hand zu weisen. Bezogen auf das Thema Datenschutz ist noch vieles offen.

Das Einsatzgebiet der Mitarbeiter in Produktionen wird sich verändern. Es wird keine monotonen Arbeitsschritte mehr geben, der Mitarbeiter wird das Produkt von Anfang bis zum Ende begleiten. Auch die starren Schichtzeiten werden wegfallen, denn der Mensch muss sich nicht mehr nach festen Arbeitsprozessen richten, sondern dieser an die individuellen und zur Not auch kurzfristigen Anforderungen des Menschen. Flexiblere Arbeitszeiten und somit eine bessere Vereinbarkeit von Beruf und Familie können somit erreicht werden. Mitarbeiter müssen auch auf die neue Herausforderung vorberei-

tet werden. Unternehmen müssen früh genug anfangen die Mitarbeiter entsprechend auszubilden. Der Mitarbeiter muss in der Lage sein, schnelle Entscheidungen zu treffen. Dies ist aber nur durch eine bessere Qualifikation der Mitarbeiter zu erreichen.



Abbildung 16 Einsatz von Tablets in der Produktion [40]

Durch den Einsatz von Smartphones und Tablets kann es auch dazu führen, dass die Generation 50 + es schwerer auf den Arbeitsmarkt hat. Die jüngere Generation ist mit dieser Technik sehr vertraut, besitzen doch fast alle ein Smartphone, jedoch Mitarbeiter der älteren Generation sind kaum mit diesen Geräten vertraut. Auch hier muss noch eine Lösung gefunden werden um ältere Personen nicht aus der Arbeitswelt zu verdrängen. [9],[10],[11]

8.1 Chancen Industrie 4.0

8.1.1 Losgröße 1

Durch die Vernetzung aller Komponenten in und um den „Prozess“ schafft man eine bislang unbekannte Flexibilität und ermöglicht somit eine individualisierte und zugleich bezahlbare Produktion von Kleinserien bis hin zu Einzelfertigung. Losgröße 1 wird dadurch erreicht. Vor allem in den reifen Märkten gibt es einen starken Trend zur Individualität. Durch Industrie 4.0 ist eine Massenfertigung, um kostengünstiger zu produzieren nicht mehr notwendig.

Haben Kunden neue Anforderungen oder soll ein neues verbessertes Produkt hergestellt werden, ist dies ohne großen Zeitverlust und großen Aufwand möglich. Dies ist nicht nur für den Kunden und für den Hersteller ein großer Vorteil auch der Industriestandort bleibt attraktiv.

Die Frage nach Hochkostenstandorten und Niederkostenstandorten wird dadurch neu definiert- zumindest auf Hinblick der Personalkosten.

Ein Hochkostenstandort wie es zum Beispiel Österreich und Deutschland ist, hat in Zukunft das Problem dass ihr Vorteil, den sie gegenüber dem Niederkostenstandort hatten

– die bessere Qualifikation der Arbeiter, Innovationen Reichtum usw. – immer kleiner wird. Niederkostenstandorte verbessern und investieren in das Bildungssystem. Die Arbeiter werden immer besser Ausgebildet. Somit kann sich Deutschland und Österreich nicht mehr darauf verlassen durch Innovationen den anderen Ländern gegenüber überlegen zu sein. Mit Industrie 4.0 muss es den Hochkostenstandorten gelingen ihren Vorteil wieder auszuweiten und den Abzug der Industrien in Niederkostenstandorte zu verhindern.

Der Mitarbeiter spielt hier eine große Rolle. Durch Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten im Bereich der IT-Kompetenz muss der Arbeiter auf Industrie 4.0 vorbereitet werden. Gleichzeitig brauchen Software- und Systementwickler deutlich mehr Produktions- und Produktwissen. Die Mitarbeiter müssen frühzeitig auf Industrie 4.0 vorbereitet werden und Schritt für Schritt z.B.: in eine SmartFactory eingeführt werden.[1]

8.1.2 Data-Mining und Analyse

Die durchgängige Transparenz in der Produktion führt zu besseren Prozessen und kürzeren Entscheidungswegen. Datenanalyse ist eine Voraussetzung um Industrie 4.0 erfolgreich umzusetzen. Durch eine Erfassung und Auswertung dieser Daten über längere Zeiträume können detaillierte Prognosen über Ausfallverhalten kritischer Komponenten erstellt werden. Dabei werden insbesondere schleichende Veränderungen im Verhalten gesucht, wie z.B. ein allmählicher Temperaturanstieg oder zunehmende Schwingungen. Somit kann eine Wartung eingeplant werden, bevor die entsprechende Störung auftritt, Ersatzteile können im Voraus selbst von der Maschine bestellt werden, wenn hier eine optimale Datenanalyse betrieben wird. Das Produkt bekommt ein Gedächtnis und weiß selbst, wann und wo es hin muss. Dies ist auch eine Entlastung für den Mitarbeiter, da die Automatisierung von Informationen Sicherheit beim Wissen über beispielsweise die Zuordnung von Teilen schafft. Es wird eine Erleichterung auf allen Ebenen einer Produktionsstätte erreicht. Von den Montageplätzen bis zur Entwicklung bzw. Weiterentwicklung der Prozesse.[7]

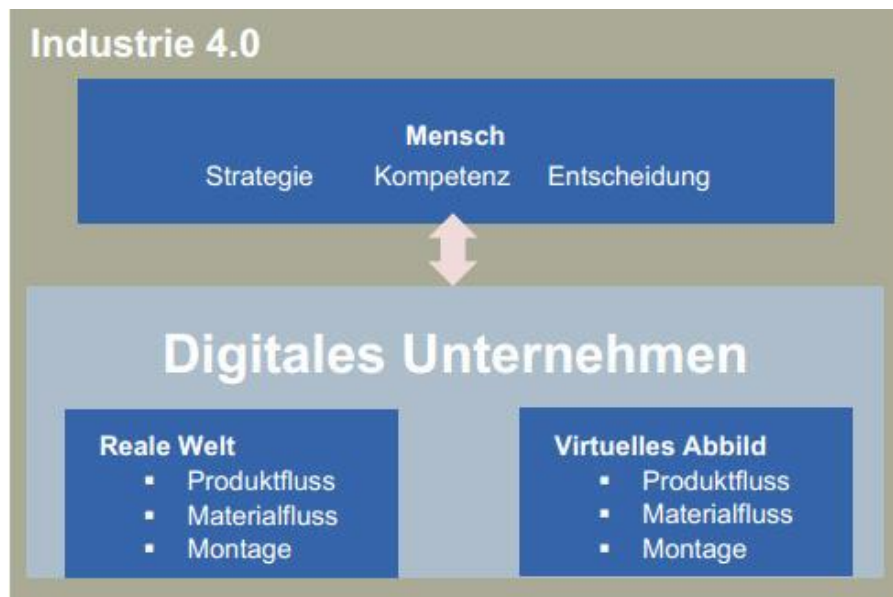


Abbildung 17 Der Mensch steuert mit Instrumenten die digitale Fabrik [24]

Auf allen Ebenen gilt:

Die Qualifikation der Mitarbeiter steigt stetig an. Dazu zählen neben den fachlichen Themen und dem Gesamtverständnis der digitalen Fabrik auch ein Höchstmaß an Eigenverantwortung und Motivation. Zu den fachlichen Themen gehört unter anderem der selbstverständliche Umgang der vielfältig verfügbaren Onlinenfunktionen für Qualitäts-, OEE- und Auftragsmanagement. Der korrekte Umgang mit Kommunikationsmethoden und Werkzeugen, sowie das rasche Ableiten von konkreten Maßnahmen aus aktuellen Informationen und in Echtzeit eigenverantwortlich zu entscheiden.

Darüber hinaus bietet Industrie 4.0 auch die Möglichkeit, die Anforderungen der Kunden in puncto Rückverfolgbarkeit („Traceability“) von Material-, Produkt- und Prozessdaten zu erfüllen. Viele Konzerne zum Beispiel in der Automobil- oder Elektronikindustrie verschieben die Qualitätskontrolle weiter nach vorne in der Wertschöpfungskette und erwarten von ihren Lieferanten eine lückenlose Information, um den gesamten Lebenslauf eines Produktes verfolgen zu können. Nur durch die Berücksichtigung aller Traceability-Daten, einen verstärkten Einsatz von Sensoren und Aktuatoren in der Produktion sowie die Erfassung aller – anstatt nur ausgewählter – Daten („Big Data“) können die immer höheren Anforderungen erfüllt werden, ohne dabei die Wirtschaftlichkeit außer Acht zu lassen.

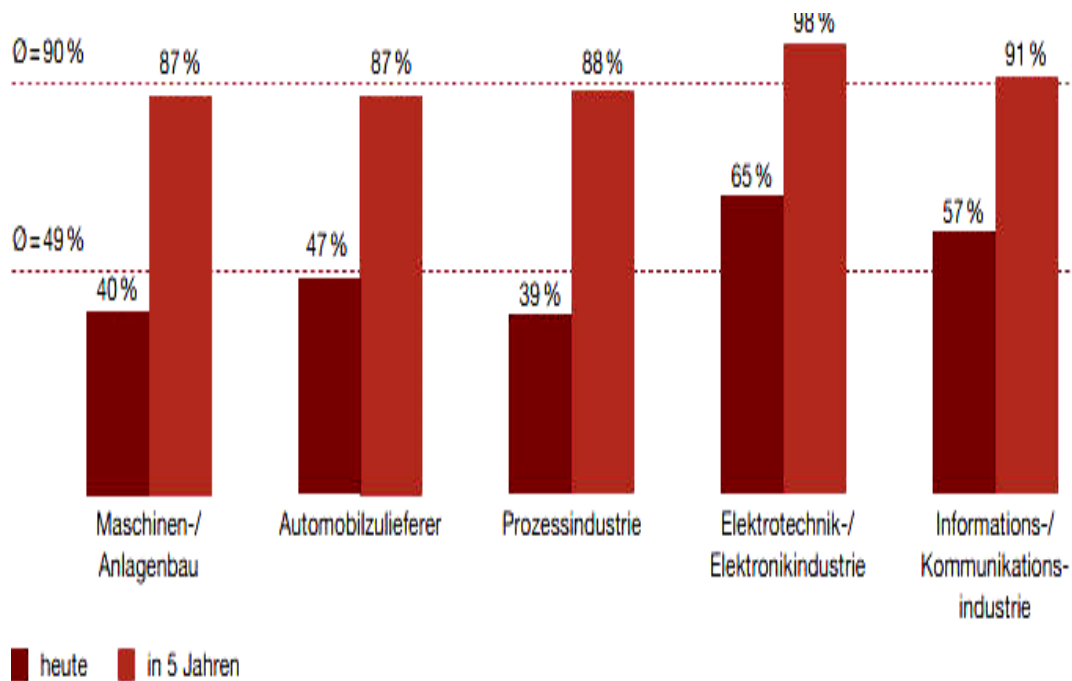


Abbildung 18 Bedeutung von Daten je nach Branche [24]

8.1.3 Höhere Produktions- und Ressourceneffizienz

Durch die Digitalisierung von Prozessen und Wertschöpfungsketten können vielfältige Verbesserungen realisiert werden, unter anderen:

- Fokussierung auf Kernbereiche in der eigenen Wertschöpfung
- Reduktion von Redundanzen im Prozessmodell
- Minimierung von Qualitätsverlusten
- Flexibilisierung und Standardisierung von Abläufen

Konkret wird durch die erhöhte Transparenz im Bereich der Planung die Auslastung von Maschinen und Anlagen verbessert. Durch eine Digitalisierung und stärkere Vernetzung in der Ablauforganisation können Arbeitsfelder rationalisiert und Produktivitätsgewinne erzielt werden. Und die intelligente Analyse und integrierte Nutzung von Daten zur Steuerung reduziert die Ausschussquote in der Produktion.

Im Hinblick auf Kostenreduktion wird durch Industrie 4.0 eine jährliche Einsparung in Höhe von zusätzlichen 2,6% über die übliche Kosteneinsparung hinaus erwartet. In der Prozessautomatisierung wird dieser Wert aber auf 1,9 % pro Jahr herabgesetzt. Diese Einsparung bringen einen entscheidenden Anteil zur nachhaltigen Wettbewerbssteigerung.

8.1.4 Neue digitale Geschäftsmodelle

Im Zuge von Industrie 4.0 werden sich bestehende Geschäftsmodelle nachhaltig verändern und insbesondere auch neue, digitale Geschäftsmodelle entstehen. Im Mittelpunkt dieser Entwicklung stehen die Erhöhung des Kundennutzens durch ein zunehmendes Angebot von Mehrwertlösungen (anstelle von Produkten), der Ausbau von digitalen Serviceelementen und die erhöhte Vernetzung von Produkten, Produktionsmitteln sowie mit Kunden und Partnern. Die besondere Qualität des digitalen Wandels liegt dabei in der rasanten Beschleunigung der Veränderungsgeschwindigkeit und darin, dass disruptive Innovationen dazu führen, dass sich Branchen wie zum Beispiel die Informations- und Telekommunikationsindustrie in kurzer Zeit nachhaltig verändern.

Geschäftsmodelle werden durch die verstärkte Vernetzung und Nutzung von Daten und Analysefähigkeiten in allen Wertschöpfungsprozessen effizienter, datengetriebener und kundenorientierter.

Auch bei den neuen Geschäftsmodellen stehen die effiziente und integrierte Nutzung von Daten und die zunehmende Digitalisierung von Produkten und Wertschöpfungsketten im Mittelpunkt. In den letzten Jahren sind sogar Geschäftsmodelle entstanden, bei denen die Wertschöpfung primär auf der Nutzung von Daten beruht, die – wie etwa im Fall von Google – mithilfe der häufig kostenlosen Bereitstellung digitalisierter Produkte gewonnen werden. Bei neuen Geschäftsmodellen geht es jedoch insbesondere darum, die Digitalisierung zu nutzen, um etablierte Wertschöpfungsketten zu unterbrechen und damit neue Ertragsquellen zu erschließen, die mit dem bisherigen Geschäftsmodell nicht eröffnet werden konnten. In der Konsequenz führen neue Geschäftsmodelle somit zu einem vollkommen neuen Kundennutzen.

Cloud-basierte und As-a-Service-Geschäftsmodelle haben sich, was die Nutzung von IT-Infrastruktur und IT-Anwendungen betrifft, bereits als Standard etabliert und durchgesetzt. Analog dazu werden auch klassische Fertigungsindustrien wie der Maschinen- und Anlagenbau anstelle des reinen Verkaufs von physischen Produkten zunehmend lösungsorientierte Nutzungsmodelle anbieten. Maschinen und Anlagen werden flexibel nach Verbrauch abgerechnet (z. B. „gedruckte Seiten“ anstelle von „Druckern“ bzw. „Druckmaschinen“) und die Daten aus dem Betrieb der Anlagen werden wiederum genutzt, um neuen Mehrwert zu schaffen (z. B. als „Broker von Druckaufträgen“ mit optimierter Nutzung von Kapazitäten über verschiedene Anlagen hinweg).

Umgekehrt hat die Möglichkeit, mittels disruptiver Innovationen neue, digitale Geschäftsmodelle schnell in den Markt zu treiben, bereits zu erheblichen Veränderungen für ganze Industriezweige geführt. In der Telekommunikationsindustrie etwa haben digitale Anbieter erhebliche Verschiebungen in der Wertschöpfung und eine Umverteilung zulasten der etablierten Anbieter ausgelöst. Ähnliche Veränderungen durch disruptive digitale Geschäftsmodelle sind beispielsweise auch in der Automobilindustrie zu erwarten. Ein kürzlich von Google patentiertes Konzept sieht vor, selbstfahrende Fahrzeuge in Städten anzubieten. Dabei sollen die eigenen Fahrzeuge den Kunden führerlos von

einem Punkt zum anderen transportieren. Die Wertschöpfung von Google besteht in dem Fall darin, Werbetreibenden die Möglichkeit zu geben, Kunden zu ihrem eigenen Geschäft zu bringen, und damit ein klassisches Problem des stationären Handels zu lösen. Ein solches neues Geschäftsmodell hätte gewiss disruptive Auswirkungen für eine Vielzahl von Mobilitätsanbietern. [23],[25]

8.2 Risiken Industrie 4.0

8.2.1 IT-Sicherheit

Auf Grund der Vernetzung aller Komponenten in einem Prozess und auch Standort übergreifende Vernetzung, tritt unweigerlich das Thema IT-Sicherheit in den Vordergrund. Die Angriffsflächen für Cyber-Attacken und/ oder Spionageattacken wird dadurch erhöht.

Im Sektor IT-Sicherheit gibt es aber noch große Lücken in der vierten Industriellen Revolution. Sicherheit wird primär als Bedrohung beschrieben, und nur selten werden wirklich fundierte Werkzeuge zur Beurteilung oder Adressierung der Bedrohungslage präsentiert.

Darüber hinaus gibt es auch eine gewisse Verwirrung, wenn es um den Begriff Sicherheit geht: Auf der einen Seite stehen Forderungen der Industrie nach Sicherheit - auf der anderen Seite Lösungen von IT-Herstellern, die „Sicherheit“ versprechen. Diese Verwirrung ist nicht zuletzt der Tatsache geschuldet, dass „Sicherheit“ in der Industrie anders besetzt ist als in der IT. Versteht man in der Industrie unter „Sicherheit“ Maschinen-, Personen- und Umweltschutz, wird dies im Zusammenhang mit der IT mit Datenschutz, Einbruch und Diebstahl gleichgesetzt. Diese Diskrepanz ist ein weiterer Grund für eine schleppende Akzeptanz von Projekten im Kontext Industrie 4.0. Es sind einfach zu viele, auf den ersten Blick nicht überlappende Definitionen und Lösungsmöglichkeiten im Umlauf.

Auch die Fragestellung, ob sich Industrie 4.0 in allen Branchen und Firmengrößen lohnt, wird kaum neutral behandelt. Immerhin bedingt eine zunehmende Vernetzung der Systeme auch zwangsläufig eine größere Angriffsfläche. Es gilt also, die wirtschaftlichen Vorteile gegenüber der Gefahr durch (mögliche) Bedrohungen abzuwägen. Die möglichen Risiken lassen sich nur nach einer ausführlichen Risikobewertung einschätzen.

Den Schritt der Risikoanalyse aber lassen viele oft komplett aus. Stattdessen führen Anwender technische und organisatorische Lösungen ein, deren Nutzen zuweilen fragwürdig und häufiger mangels Risikobewertung nicht nachweisbar ist. Forciert wird dies auch häufig von Herstellern bzw. Systemhäusern, die auf der „Angst-Marketing“-Welle im Fahrwasser von „Sicherheit in der Industrie 4.0“ mitschwimmen und einfach Produkte verkaufen – ob diese nun passen oder nicht.

Vor dem Schritt der Risikominimierung muss also zuerst die Risikoanalyse und -bewertung stehen. In einem iterativen Prozess werden dabei Risiken dokumentiert und möglicherweise Verfahren zur Minderung evaluiert. Verbleibende Risiken werden letztendlich nachvollziehbar dokumentiert. Lassen sich Risiken nicht ausreichend minimieren, bzw. ist dies wirtschaftlich nicht sinnvoll, fällt am Ende auch eine Entscheidung gegen Industrie 4.0. Dies aber ist dann ein bewusster, dokumentierter und nachvollziehbarer Entschluss – und nicht einer aus einem diffusen Unsicherheitsgefühl heraus.

Security beschreibt im Gegensatz zu Safety die Sicherheit von IT-Systemen. In der herkömmlichen Automatisierungspyramide ist Security entsprechend in den Leveln 3 bis 4 angesiedelt

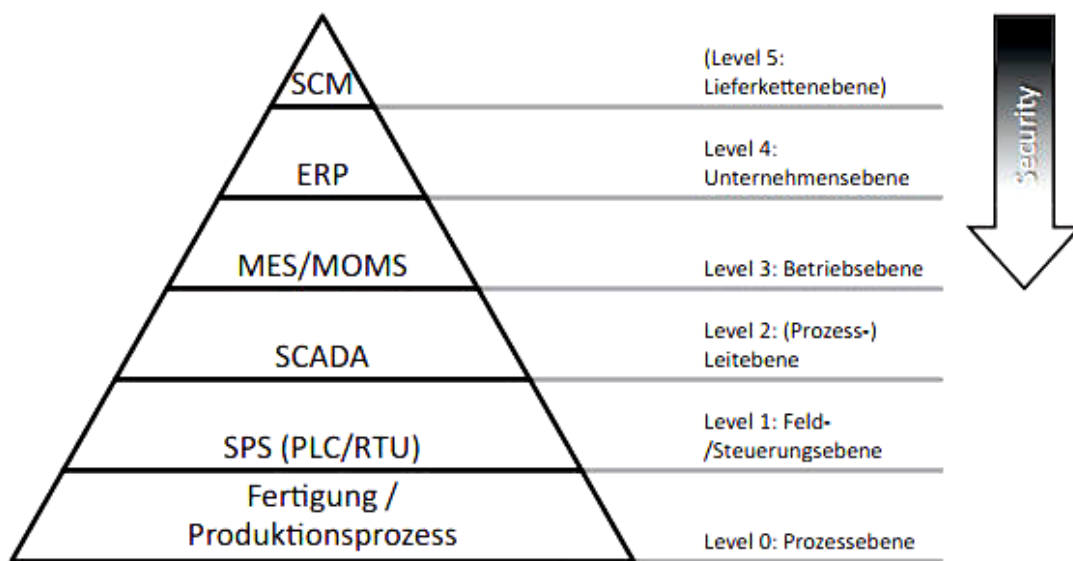


Abbildung 19 „Security“ in der Automatisierungspyramide [24]

Eine Risikobewertung für Industrie 4.0 umfasst alle Ebenen - auch jene, die durch die Beurteilungen für Safety und Security schon abgedeckt sind.

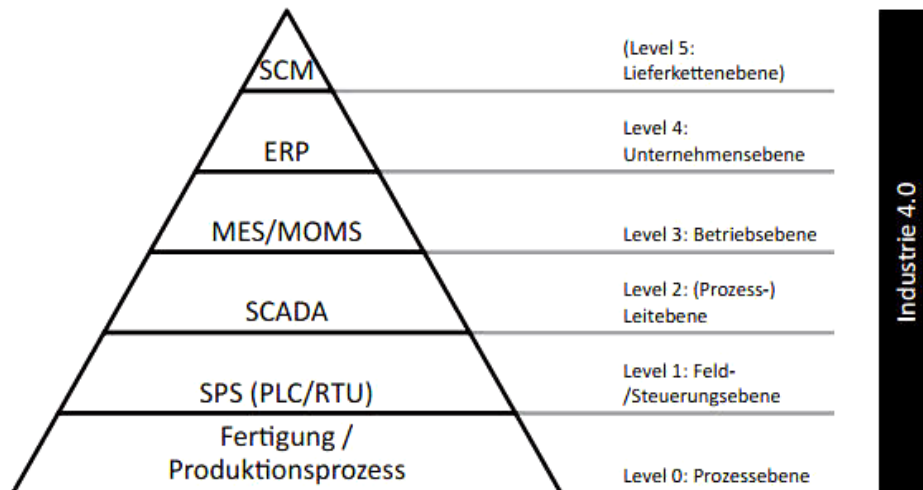


Abbildung 20 „Industrie 4.0 Security“ über alle Ebenen [24]

Hinzu kommen unterschiedliche Optimierungsziele der Risikobewertung bei Safety und Security. Auch die Dauer/Kontinuität des Risikobewertungsprozesses unterscheidet sich grundlegend. Darüber hinaus kann ein Risiko, das aus Safety-Sicht zu vernachlässigen ist, aus Security-Sicht unter Umständen ein unüberwindbares Hindernis darstellen. Umgekehrt gilt dies natürlich genauso.

Ein Beispiel dafür sind Fernwartungsmechanismen. Während diese in der Vergangenheit häufig über dedizierte (Einwahl-)Verbindungen realisiert wurden, ist heute der Zugriff über das Internet üblich.

Die Security dieser Mechanismen wird i.d.R. durch Passwörter und das Prinzip des „Nicht-Wissens“ sichergestellt. Leider macht hier die IT-Security einen großen Strich durch die Rechnung. „Security-through-Obscurity“ ist nachweislich keine gute Strategie. Und wie verschiedene Studien zeigen, ist es bei öffentlich zugänglichen Systemen, nur eine Frage der Zeit, bis jemand anklopft. Es existiert also eine Lücke zwischen der Risikobewertung aus Safety-Sicht und der aus Security-Sicht. Die Zielsetzung bzw. die Definition von Risiko der beiden Beurteilungen ist nicht deckungsgleich. Im Gegenteil - in einigen Fällen kann ein erhebliches Risiko auf der einen Seite von der anderen völlig ignoriert werden.

- Ziel einer durchgängigen Risikobewertung für Industrie 4.0 ist es, diese Lücke zu überbrücken. Dabei gibt es verschiedene Problemfelder, die gelöst sein wollen:
- Verschiedene Zielsetzungen der Risikobewertung: Die Ziele und Schlussfolgerungen einer Risikobewertung müssen die Verantwortlichen in der jeweils anderen Risikobewertung aufgreifen und zumindest bis zu einem gewissen Grad fortführen.

- **Dokumentation:** Die Dokumentation der durchgängigen Risikobewertung muss in einem einheitlichen Format stattfinden. Keine der bestehenden Rahmenwerke oder Werkzeuge (Software) deckt im Moment beide Welten ab.
- **Ausbildung:** Noch gibt es kaum Experten, die in beiden Welten zuhause sind. Es ist daher umso wichtiger, die Experten für die jeweils andere Seite zu sensibilisieren. Es gibt kein richtig oder falsch. Nur wenn beide Seiten adressiert werden, lässt sich eine sinnvolle Risikobewertung für das Gesamtsystem erstellen. Mangels verfügbarer Werkzeuge ist die Schließung dieser Lücke heute noch mit manuellem Aufwand verbunden. Der wichtigste Aspekt ist hier sicherlich die strukturierte Dokumentation. Spätestens mit der breiten Einführung von Industrie 4.0-Konzepten ist aber auch hier mit entsprechenden Werkzeugen zu rechnen. [24]

8.2.2 Fehlende Standards

Klar definierte Standards und Normen sind die Grundlage für die horizontale und vertikale Vernetzung der Wertschöpfungsketten. Sie ermöglichen einen reibungsfreien maschinen-, system- und software-übergreifenden Austausch von Daten und Informationen. Für die Mehrheit der Industrieunternehmen ist eine internationale Standardisierung unerlässlich.

Die vierte Industrielle Revolution spannt einen weiten Bogen über verschiedene Anwenderbranchen, wie Maschinen- und Anlagenbau, chemische und verfahrenstechnische Industrie sowie die Logistik. Historisch gesehen gibt es hier viele unterschiedliche Normen und Standards. Die Problematik hierbei ist, all diese Normen und Standards zusammenzufassen und alle Branchen gleich zu bedienen.

Man steht auch vor dem Punkt, dass es sich auch um viele unterschiedliche Technologien handelt. Angefangen mit dem Chip-Design über Mikrosysteme, Sensorik, Kommunikationstechnik bis hin zu komplexen Themen wie Big Data, Semantik und viele mehr. Auch diese Punkte muss man zusammenfassen und mit einheitlichen Standards versehen.

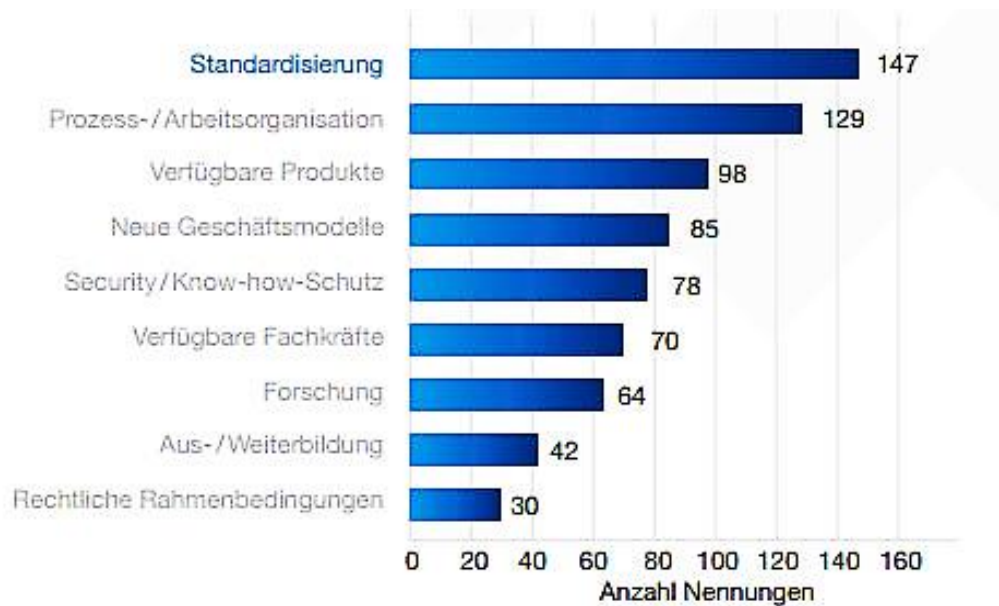


Abbildung 21 Ergebnis Umfrage „Plattform Industrie 4.0“: Herausforderungen bei der Umsetzung von Industrie 4.0 [41]

Unternehmen schließen sich zusammen, um möglichst schnell Standards und Normen zu beschreiben. Welche Standards bereits existieren und wo noch Bedarf ist, stellt die Normungs-Roadmap Industrie 4.0 vor. Die Normungs-Roadmap Industrie 4.0 spiegelt die Anforderungen der deutschen Stakeholder im Hinblick auf Normen und Standards wider. An der Erarbeitung waren Vertreter aus der Industrie, von Verbänden sowie aus Wissenschaft und Forschung beteiligt.

[Siehe auch Anlagen Teil 1 Auszug aus der Deutschen Normungs-Roadmap Industrie 4.0.]

Ein Standard an dem mit Hochdruck gearbeitet wird, ist der OPC-UA Standard. Es handelt sich hier um einen Datenaustausch-Standard für eine sichere, zuverlässige, Hersteller- und Plattform- unabhängige industrielle Kommunikation. Der OPC-UA-Standard besteht aus Spezifikationen welche in enger Zusammenarbeit zwischen Herstellern, Anwendern, Forschungsinstituten und Konsortien entstanden sind, um den sicheren Informationsaustausch in heterogenen Systemen zu ermöglichen.

OPC-UA ist ein IEC-Standard und damit prädestiniert für die Kooperation mit anderen Organisationen. Die OPC Foundation koordiniert dabei als globale Non-profit Organisation zusammen mit Anwendern, Herstellern und Forschern die Weiterentwicklung des OPC-Standards.

8.2.3 Enormer Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Unternehmen stehen vor der Herausforderung, abzuschätzen mit welchem Aufwand die Einführung der Industrie 4.0 in ihr Umfeld einhergeht. Viele vor allem mittelständische Unternehmen schrecken vor dem enormen Aufwand in erster Linie einmal zurück. Um-

fragen zufolge ist dies ein großer Kritikpunkt und auch ein Hindernis um Industrie 4.0 einzusetzen. Unterstützung aus der Politik wird aus vielen Kreisen hierzu gefordert.

Knapp die Hälfte der Befragten (46 %) gibt an, dass der unklare wirtschaftliche Nutzen und die zu hohen Investitionen zu den zwei wichtigsten Herausforderungen zählen. Viele Unternehmen haben noch keine konkreten Umsetzungspläne für Industrie 4.0-Lösungen erarbeitet und auch noch keine größeren Investitionen verabschiedet, weil die Lösungen für viele Unternehmen neu sind, erhebliche Veränderungen erfordern und die Quantifizierung der Potenziale komplex und vielfältig ist. Hier besteht akuter Bedarf nach mehr Transparenz und einem branchenübergreifenden Erfahrungsaustausch. [Umfragewerte laut: Industrie 4.0 Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution]

Hier muss noch einiges an Aufklärungsarbeit geleistet werden, um für Unternehmen die Hemmschwelle zu verkleinern. [25]

8.2.4 Soziale Folgen

Die Industrie 4.0 wird auch die Arbeitswelt wie wir sie kennen verändern. In wieweit ist noch schwer abzuschätzen, jedoch sind Trends erkennbar. Betroffen sein werden davon nicht nur die operativen Tätigkeiten auf der Werkstattebene, sondern auch indirekte Funktionen und die Leitungsebene. Erforderlich wird daher eine Neugestaltung der gesamten sozio-technischen Systeme der Produktion. Als Trend lässt sich einerseits eine polarisierte Organisation und andererseits eine Schwarm-Organisation erkennen.

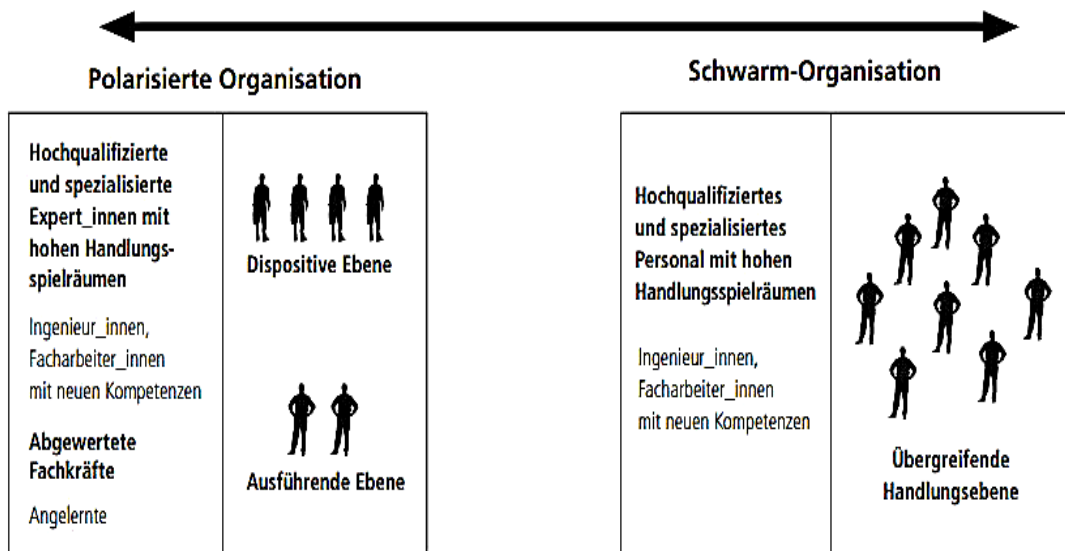


Abbildung 22 Polatisierte Organisation vs. Schwarm-Organisation [42]

Ein weitere Aspekt bzw. eine weiter Herausforderung ist die Gestaltung der Aufgaben und Tätigkeitsstrukturen auf der operativen Ebene im Kontext der smarten Produktionssysteme. Folgt man den verfügbaren Evidenzen, so lassen sich die absehbaren Entwicklungstendenzen wie folgt skizzieren:

- Zum einen ist davon auszugehen, dass Arbeitsplätze mit niedrigen Qualifikationsanforderungen und einfachen, repetitiven Tätigkeiten durch intelligente Systeme in hohem Maße substituiert werden. Als Beispiele hierfür sind einfache Tätigkeiten in der Logistik, bei der Maschinenbedienung und bei der der bisher manuellen Daten-erfassung und -eingabe zu nennen. In welchem Umfang Substitutionsprozesse aber eintreten werden, ist derzeit allerdings kaum abschätzbar.
- Zum Zweiten kann für die früher qualifizierte Facharbeiterebene eine Tendenz zur Dequalifizierung von Tätigkeiten befürchtet werden. Zu nennen sind hier Aufgaben wie Maschinenbedienung sowie verschiedene Kontroll- und Überwachungsfunktionen, die automatisiert werden.

Auch Dispositionsentscheidungen in der Produktionslogistik könnten mithilfe der neuen Systeme teilweise automatisiert werden. Denn benötigte Güter und Waren von Produktionsanlagen können weitgehend selbstständig angefordert

werden, so dass die entsprechenden Steuerungsaufgaben der in der Fertigung eingesetzten Mitarbeiter entfallen. Sie greifen folglich nur noch in seltenen Ausnahmefällen in die Produktionsabläufe ein. In der Forschung wird daher von einer verbleibenden „Residualkategorie“ von qualifizierter Produktionsarbeit gesprochen, die jene Tätigkeiten umfasst, die nicht oder nur mit einem unverhältnismäßigen Aufwand automatisiert werden können. Die Handlungsspielräume dieser Beschäftigtengruppe sind auf Grund strikter Systemvorgaben naturgemäß sehr eng.

- Zum Dritten kann aber auch eine Qualifikationaufwertung und Tätigkeitsanreicherung erwartet werden. Als Grund hierfür können die erhöhte Komplexität der Fertigung und die informationstechnologischen Dezentralisierung von Entscheidungs-, Kontroll- und Koordinationsfunktionen angesehen werden. Daher werden die betroffenen Beschäftigten auf der operativen Ebene gefordert sein, zunehmend eigenständig zu planen und Abläufe abzustimmen.

Erforderlich wird beispielsweise ein breiteres Verständnis über das Zusammenwirken des gesamten Produktionsprozesses, der Logistikanforderungen sowie der Lieferbedingungen. Neben dem steigenden Bedarf an Überblickswissen erlangen auch soziale Kompetenzen einen erhöhten Stellenwert, da mit der intensivierten Integration früher getrennter Funktionsbereiche der Bedarf an Interaktion – real wie computervermittelt – mit unterschiedlichen Personengruppen und weiteren Funktionsbereichen ansteigt.

Neben dem angesprochenen Aufgaben- und Qualifikationsanforderungen muss bei der Arbeitsgestaltung auf der operativen Arbeitsebene auch das mögliche hohe Kontrollpotenzial der neuen Systemtechniken in Rechnung gestellt werden. Die Fragen, welche Möglichkeiten sich hiermit verbinden und wie sie faktisch in Unternehmen genutzt werden, lässt sich derzeit kaum beantworten. In jedem Fall aber wird die Furcht vor dem durch die neuen technologischen Systeme möglichen „gläsernen Mitarbeiter“ ein wichtiger Einflussfaktor auf die Akzeptanz der neuen Technologien bei Beschäftigten und Arbeitnehmerinteressenvertretungen sein. [14], [26]

9 Fazit

Das Grundgerüst der vierten industriellen Revolution steht, es gibt aber noch viele offene Fragen, die im Zusammenhang damit beantwortet werden müssen. Viele Fragen kann man aber auch erst beantwortet wenn man genügend Erfahrung in diesem Bereich gesammelt hat. Es wird sich erst im Laufe der Zeit zeigen welche Auswirkung Industrie 4.0 haben wird. Was zum Beispiel die Auswirkungen auf den Menschen und die sozialen Folgen sind. Die tatsächlichen Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt, wie kann man es schaffen neue Arbeitsplätze vor allem für niederqualifiziertes Personal zu schaffen. Wie kann der Mitarbeiter damit umgehen, dass viele Daten um ihn aufgezeichnet werden und somit auch jeder einzelne Schritt von ihm überwacht wird.

Zum Thema IT-Sicherheit muss schnell eine Lösung gefunden werden, hier steht man aber vor dem Problem, dass man auch noch nicht genau abschätzen kann mit was man es eigentlich zu tun hat. Unterschiedliche Branchen haben unterschiedliche Ansichten zu diesem Thema diese gilt es zu vereinen. Bei den vorhandenen Industrie 4.0 Lösungen ist die Vernetzung der Komponenten noch nicht so fortgeschritten und somit ist hier auch die IT-Sicherheit ausreichend abgedeckt. Würde man aber z.B.: die SmartFactory von B&R nicht nur im Standort Eggelsberg betreiben sondern flächenübergreifen über alle Produktionsstandorte würde man schon vor größeren Problemen stehen. Auch die Produktionsanlage von SmartFactory^{KL} deckt nur einen kleinen Bereich ab im Bezug auf die IT-Sicherheit ab.

Mit Industrie 4.0 schafft man viele Möglichkeiten für Industriestandorte die mit dem Abzug der Produktionsstätten bedroht sind. Die Fertigung kleiner Chargen bis hin zur viel umworbenen Losgröße 1 schaffen hier viele Vorteile. Lagerkosten werden verringert, größere Lagerflächen können z.B.: in Produktionsflächen umgewandelt werden.

Mitarbeiter werden gefördert und wachsen mit den Aufgaben mit, somit bleiben sie auch länger motiviert. Monotone Arbeitsschritte werden minimiert und der Mitarbeiter begleitet ein Produkt vom ersten bis zum letzten Schritt, somit sieht man auch am Ende was man erreicht hat. Für Softwareentwickler wird sich das Aufgabengebiet auch ändern. Sie brauchen mehr Wissen über einen Prozess und müssen viel enger in die Produktplanung miteinbezogen werden.

Ob wir nun jetzt schon in der vierten industriellen Revolution stecken, lässt sich schwer sagen. Die Industrie verändert sich im Laufe der Zeit ständig, die Vernetzung aller Komponenten steigt und die Massenproduktion ist nicht mehr zeitgemäß. Man kann erst in einigen Jahren mit Überzeugung sagen, dass es sich um Industrie 4.0 handelt.

Index

Smart Grids.....Seite 15

IT-Sicherheit.....Seite 45, ff

AutomationML.....Seite 23

Wearable.....Seite 20

2D Code.....Seite 21

Sensor.....Seite 18,19,24,ff

Aktor.....Seite 14, 15,18, ff

SmartFactory.....Seite 26, 27, 28, ff

Bluetooth.....Seite 26

Modulare Anlage.....Seite 27

Big Data.....Seite 27,46,52

Cloud.....Seite 28,48

Plug&Produce.....Seite 30,34,35

Testbed.....Seite 30

Web-Clients.....Seite 31

Smart Devices.....Seite 31

Farbcodierung.....Seite 26

DataClarity.....Seite 34

Data Mining.....Seite 34

.NET Client.....Seite 45

Cisco.....Seite 35

Eplan.....Seite 35

Literatur

- [1] Thomas, Bauernhansl, Michale ten Hompel, Brigit Vogel-Heuser
Industrie 4.0 in der Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologie, Migration
Springer Verlag, 2014
- [2] <http://geschichtsverein-koengen.de/IndRevolution.htm> verfügbar am <19.10.2015, 14:30 Uhr>
- [3] https://de.wikipedia.org/wiki/Industrie_4.0 verfügbar am <19.10.2015, 15:00 Uhr>
- [4] <https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie-4-0-848.html> verfügbar am <11.11.2015, 15:00 Uhr>
- [5] <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/losgroesse/losgroesse.htm>
verfügbar am <11.11.2015, 15:00 Uhr>
- [6] <http://wirelesshealth.virginia.edu/content/holistic-design-body-sensor-networks-cyber-physical-systems-approach> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [7] <https://de.wikipedia.org/wiki/Data-Mining> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [8] <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Digitale-Welt/Digitale-Technologien/internet-der-dienste.html> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [9] http://www.focus.de/finanzen/experten/mueller/arbeitswelt-4-0-warum-uns-der-groesste-umbruch-der-industriegeschichte-bevorsteht_id_4356448.html verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [10] http://www.produktionsarbeit.de/content/dam/produktionsarbeit/de/documents/Fraunhofer-IAO-Studie_Produktionsarbeit_der_Zukunft-

[Industrie_4_0.pdf](#) verfügbar am <11.11.2015, 15:00>

- [11] <https://www.fes.de/de/gute-gesellschaft-soziale-demokratie-2017plus/neues-wachstum-gestaltende-wirtschafts-und-finanzpolitik/artikel-in-neues-wachstum-und-gestaltende-finanzpolitik/industrie-40-chancen-ergreifen-und-risiken-erkennen/> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [12] https://www.provadis-hochschule.de/fileadmin/provadis/files/Studium/Top_Themen/Forschungsprojekte/Industrie_2030/A4-Flyer-INDUSTRIE-40_Ansicht.pdf verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [11] <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/industrie-4-0-risiken-der-vernetzten-produktion-12949891.html> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [13] <http://www.computerwoche.de/a/industrie-4-0-auch-eine-frage-des-rechts,2544655> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [14] <http://www.computerwoche.de/a/industrie-4-0-braucht-neuen-mitarbeitertyp,2549438> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [15] <http://www.internet-der-dinge.de/> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [16] https://de.wikipedia.org/wiki/Internet_der_Dinge verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [17] http://www4.informatik.uni-erlangen.de/DE/Lehre/WS03/V_STP1/Skript/stp1-pa-ws03-kapitel1.pdf verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [18] http://www.prozesstechnik-online.de/html/portlet/ext/articles-portlet/articles_content/print.jsp?groupId=31534493&articleId=40744965&companyId=1&accountId=7&version=1.0&productId=31535812&articlePk=40744964&layId=28&langId=de_DE verfügbar am <11.11.2015, 15:00>

- [19] http://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCIQFjAAahUKEwi9o4Xt65TJAhXJvRoKHRmSD_c&url=http%3A%2F%2Fwww.idw.de%2Fidw%2Fdownload%2FWPq_Sonderdruck_1_2013.pdf%3Fid%3D635578%26property%3DDatei&usg=AFQjCNGYNcoTnXMxjiYF9iTf5rhcvsaMPq
- [20] <http://www.smartfactory.de/> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [21] <http://www.br-automation.com/en/company/customer-magazine/industry-40-br/> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [22] <http://industrie40.vdma.org/article/-/articleview/8920772> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [23] <http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [24] <http://www.trendmicro.de/media/wp/industrie-4-und-die-sicherheit-whitepaper-de.pdf> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [25] http://www.wieselhuber.de/lib/public/modules/attachments/files/Geschaeftsmodell_Industrie40-Studie_Wieselhuber.pdf verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [26] <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/11081.pdf> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [27] http://netkey40.igmetall.de/homepages/hamburg_forum/start_forum/industrie_40_2013_04.html verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [28] <http://www.zeno.org/Meyers-1905/B/Dampfmaschine>
- [29] http://www.rheinische-industriekultur.de/objekte/koeln/Gasmotorenfabrik_Deutz/gasmotorenfabrik_deutz.html verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [31] <http://wirelesshealth.virginia.edu/content/holistic-design-body-sensor-networks-cyber-physical-systems-approach#> verfügbar am

<11.11.2015, 15:00>


- [32] http://www.bwstiftung.de/uploads/tx_templavoila/Industrie_4.0_725x484.jpg verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [33] Industrie 4.0. Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0 verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [34] http://dfki-3036.dfki.de/img/Galerie/Industrie40/SF_Industrie_4_0_Anlage_01.jpg verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [35] http://dfki-3036.dfki.de/img/Galerie/Industrie40/SF_Industrie_4_0_Anlage_03.jpg verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [36] http://dfki-3036.dfki.de/img/Galerie/Industrie40/SF_Industrie_4_0_Anlage_04.jpg verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [37] <http://www.braun-automatisierung.com/smc/bc63ea69448ea21dfd52e5e7fc4711ba65ad5cf1.jpg> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [38] <http://w3.siemens.com/mcms/mc-solutions/en/mechanical-engineering/packaging-machine/mcs/PublishingImages/mcs.png> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [39] <http://w3.siemens.com/mcms/mc-solutions/de/maschinenbau/verpackungsmaschinen/mcs/PublishingImages/mcs-beschreibung.jpg> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [40] http://www.all-electronics.de/wp-content/uploads/migrated/image/artikel/166508_4-1024x1024.jpg verfügbar am <11.11.2015, 15:00>

- [41] <https://www.vdma.org/documents/105628/900795/Tendenzumfrage%20der%20Plattform%20Industrie%204.0.pdf/8557c502-a5c3-489c-8b1a-db14c3514a14> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>
- [42] <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/11081.pdf> verfügbar am <11.11.2015, 15:00>


Anlagen

Auszug aus der Deutschen Normungs-Roadmap Industrie 4.0.....	I
--	---

Auszug aus der Deutschen Normungs-Roadmap Industrie 4.0



THEMENBEREICHE UND NORMUNGSBEDARF



5.1 Normungsbedarf zu Industrie 4.0

Mit Industrie 4.0 kommen neue Themenfelder und insbesondere ein systemorientiertes Vorgehen in den Fokus. Ebenen- und domänenübergreifende Konzepte müssen entwickelt und genormt werden. Hierzu genügt es nicht, eine übergeordnete Ebene einzuziehen, sondern es erfordert ein insgesamt ganzheitliches Vorgehen. Um die Entwicklung effizient durch Normen und Standards zu unterstützen, bedarf es einer über die normale Arbeit der Gremien hinausgehender Anstrengung.

Ein zentraler Anspruch von Industrie 4.0 ist die weitgespannte Unterstützung von technischen und technisch-organisatorischen Prozessen in prozesstechnischen, fertigungstechnischen und logistischen Umgebungen, entlang der gesamten Lebenszyklen von Anlagen, Produkten und Serien in räumlich und organisatorisch verteilten Einheiten. Dies ist nur mit einer konsensbasierten Normung und Standardisierung unter Einbeziehung der betroffenen Fachkreise und Stakeholder möglich.

Zur Integration gehört auf der einen Seite die Nutzung der bestehenden Normungslandschaft als bewährte und stabile Grundlage der weiteren Entwicklung und auf der anderen Seite das aktive Einbringen der im Rahmen der Industrie-4.0-Strategie neu oder weiterentwickelten Konzepte in den internationalen Normungsprozess, vorzugsweise in bestehende Normungsgremien, zu denen bereits heute ein intensiver Austausch gepflegt wird.

Im Bereich der industriellen Automation bspw. gibt es eine Vielzahl von existierenden und in der Praxis bewährten Normen. Die neuen Anforderungen der Industrie-4.0-Landschaft werden jedoch absehbar Erweiterungen und Erläuterungen notwendig machen. In manchen Fällen kann auch eine inhaltliche Reorganisation erforderlich sein, um die Normenlandschaft kompakter, stabiler und überschneidungsfreier zu gestalten. In jedem Fall bilden die bestehenden internationalen Normen den zentralen Referenzpunkt der Entwicklung.

Um die Weiterentwicklung der relevanten Kernstandards von ISO und IEC zu kennen und weitere internationale Normungsorganisationen in dem Umfeld zu beeinflussen, müssen die existierenden Fachgremien und nationalen Spiegelgremien bei DIN und in der DKE mit den führenden Experten besetzt sein und ausreichend Ressourcen besitzen. Nur so ist es auch den deutschen Experten, Herstellern und Anwendern möglich, ihr Wissen und ihre Anforderungen in die internationale Normung in der ISO und der IEC einzubringen. Es ergeht daher auch ein Appell an die deutsche Wirtschaft und weitere an der Normung interessierte Kreise, ihren Experten die Teilnahme an nationalen und internationalen Gremien zu ermöglichen und diese zu unterstützen sowie ihre Anforderungen an Normen zu dokumentieren. Die Normungsgremien sollten auch genutzt werden, um die Umsetzung der Normen und Standards in die Praxis branchenübergreifend und international zu begleiten.

DIE DEUTSCHE NORMUNGS-ROADMAP INDUSTRIE 4.0 – VERSION 2 31



5.2 Referenzmodelle

5.2.1 Referenzmodelle allgemein

5.2.1.1 Beschreibung und Nutzen von Referenzmodellen

Ein Referenzmodell ist ein Modell, das einen Aspekt, der in den Systemen eines Anwendungsbereichs eine wichtige Rolle spielt, in sich schlüssig beschreibt. Referenzmodelle berücksichtigen organisatorische und technologische Gegebenheiten und betrachten das zu modellierende System aus einer bestimmten Sicht heraus. Sie sind damit nicht alternativlos, beschreiben jedoch den Sachverhalt nach Meinung der Fachexperten zutreffend. Unterschiedliche Expertengruppen können allerdings zu unterschiedlichen Referenzmodellen kommen. Dies ist unerwünscht, aber in manchen Fällen nicht zu vermeiden. Referenzmodelle sind Metamodelle. Sie sind Grundlage des gemeinsamen Verständnisses in den Fachkreisen; sie beschreiben die Struktur der Modelle im Anwendungsfall und sind Ausgangspunkt der auf ihnen aufbauenden Tools. Für Industrie 4.0 ist die Verfügbarkeit von genormten Referenzmodellen in allen Bereichen eine entscheidende Voraussetzung. Durch die domänenübergreifende Sicht gewinnt die explizite, unmissverständliche und klare Darstellung der Sachverhalte in Referenzmodellen eine zusätzliche Bedeutung. Hier sind die bestehenden Fachmodelle zu ergänzen, zu erweitern und zu harmonisieren. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass die Referenzmodelle oft nicht explizit und abgegrenzt, sondern verteilt in Fachnormen beschrieben sind. Dies führt zu einer mehrfachen, unübersichtlichen, inkonsistenten und nicht referenzierbaren Beschreibung und zu Schwierigkeiten bei der Integration von Komponenten in ein Gesamtsystem.

Primäres Ziel eines Referenzmodells ist die klare und eindeutige Beschreibung eines Modells eines relevanten Sachverhalts. Ein Referenzmodell, das diesen Kriterien genügt, ist ein standardisierbares Referenzmodell. Ein zweites Ziel ist es, für einen Sachverhalt möglichst nur ein Referenzmodell zu haben und dieses weltweit als einzige Norm zu pflegen. Dies gelingt jedoch nicht immer. Referenzmodelle sind nie einzig wahr. Je nach Sicht, eigener Historie oder aber auch technipolitischen oder firmenpolitischen Gründen können für den gleichen Sachverhalt mehrere konkurrierende Referenzmodelle entstehen, die dann auch zu unterschiedlichen Lösungen führen. In diesem unerwünschten Fall kann es besser sein, mehrere parallele Normen oder Standards im konsensbasierten Rahmen zuzulassen, als das Entstehen von Konsortialstandards zu fördern. Dann ist allerdings ein Referenzmodell in verschiedenen Domänen übergreifend anzustreben.



5.2.1.2 Empfehlung: Beschreibung der Referenzmodelle in eigenen Normen

Wie Kernmodelle werden auch Referenzmodelle in den unterschiedlichsten Lösungsmodellen genutzt. Zur Vereinheitlichung, Vermeidung von versehentlichen Abweichungen und zum besseren Verständnis sollten Referenzmodelle separat als eigenständige Normen beschrieben werden.

5.2.1.3 Empfehlung: Einheitlicher Aufbau der Beschreibung von Referenzmodellen

Der Aufbau der Beschreibung der Referenzmodelle ist so einheitlich wie möglich zu gestalten.

5.2.1.4 Empfehlung: Breitflächige Nutzung

Die breite Anwendung von Referenzmodellen soll gefördert werden. Technische Systeme und Prozesse der Industrie 4.0 sollen auf Basis dieser Referenzmodelle beschrieben werden.

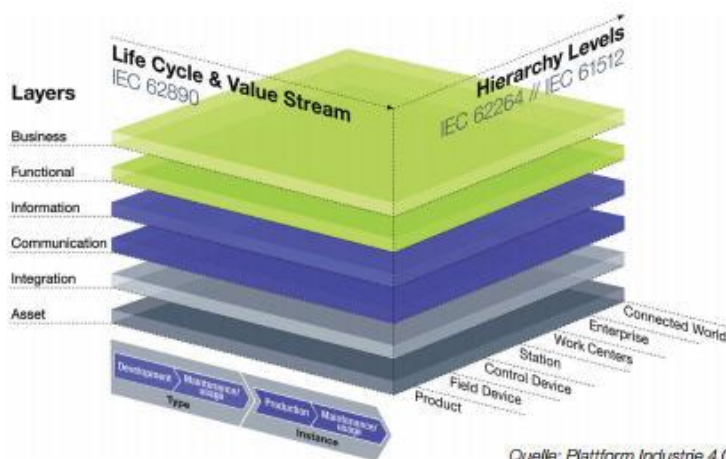
5.2.2 Systemarchitektur

5.2.2.1 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)

Wie oben erläutert, sind für Industrie 4.0 die relevanten Modelle der klassischen Architektur zu integrieren und abzurunden. Das für vergleichbare Zwecke in Smart Grid entwickelte und weltweit akzeptierte Smart Grid Architecture Model (SGAM) wurde für die Erfordernisse in Industrie 4.0 als „Reference Architecture Model Industrie 4.0“ (RAMI4.0) angepasst und erweitert. Neben der die reale Physik repräsentierenden Ebene „Asset Layer“ wurde als zusätzliche Ebene der „Integration Layer“ eingeführt, der die dingliche Installation einer Anlage als virtuelle Abbildung enthält (y-Achse). Die in SGAM stark auf die Wertschöpfungskette „Stromverteilung“ ausgerichtete x-Achse wurde verallgemeinert. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Unterscheidung zwischen „Type“ und „Instance“ eines Gegenstands entlang der Wertschöpfungskette. Solange eine Idee, ein Konzept, ein Ding usw. als Plan, also noch nicht real als nutzbarer Gegenstand vorliegt, sprechen wir von einem Typ. Mit der Umsetzung des Plans in ein reales Produkt wird aus dem Typ eine bzw. viele Instanzen, wobei darunter auch nicht unmittelbar anfassbare Gegenstände gemeint sein können, z. B. Software, Archive etc.

Schließlich ist die z-Achse entsprechend den Begrifflichkeiten aus den Normen IEC 62264 und IEC 61512 beschriftet, wobei diese einerseits um die Vernetzung zwischen Unternehmen („Connected World“) ergänzt und andererseits mit dem „Product“ der Forderung nach einer aktiven Beteiligung des Produkts in einer z. B. sich selbst konfigurierenden Fertigungslinie nachgekommen wird. Das während der Hannover Messe 2015 vorgestellte RAMI4.0¹⁵ wird derzeit in die DIN SPEC 91345 überführt und Anfang 2016 sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache veröffentlicht und in die internationale Normung eingebracht. Aus Sicht der Normung stellt sich die Frage, wie eine Zuordnung von Normen und Standards für Prozesse und Prozessmittel mit RAMI4.0 vorgenommen werden kann.

Abbildung 4:
Referenzarchitekturmodell
Industrie 4.0 (RAMI4.0)



Quelle: Plattform Industrie 4.0

5.2.2.2 Empfehlung: Einordnung von bestehenden Normen und Standards sowie von Normungsaktivitäten in das Übersichtsmodell RAMI4.0

Entsprechend der oben dargestellten Verortung wird empfohlen, alle relevanten Normen und Standards sowie Use Cases in RAMI4.0 einzuordnen.

¹⁵ Siehe www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Industrie-40-verbaendeplattform-bericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf.



5.2.2.3 Empfehlung: Erstellung einer Liste bestehender Modelle, Einordnung bestehender Modelle in das Übersichtsmodell RAMI4.0

Die bestehende Normenlandschaft enthält bereits eine Vielzahl von einzelnen Architekturmodellen. Wichtige Beispiele sind z. B. zu finden in:

- IEC TR 62832-1 Digital Factory Framework
- IEC 61804-1 Function Blocks for Process Control
- IEC 62264 Enterprise Control System Integration (Unternehmensmodell, Anlagenmodell, Funktionsmodell)
- IEC 61512 Batch Control (Anlagenmodell, Prozessmodell)
- IEC 62769 FDI (Gerätemodell)
- IEC 61508-6 Redundanz-Modelle
- IEC 61508-1 und IEC 61784-3 Sicherheitsgerichtetes Kommunikationsmodell
- IEC 62443 Zones and conduits (Architekturmodell zur Bewertung der IT-Sicherheit)

Weiterhin sind in vielen Normenreihen im Übersichtsteil Modelle und Zusammenhänge beschrieben, die ebenfalls Architekturcharakter besitzen. Die wichtigsten dieser Modelle sind in einer Referenzliste erfasst.^{16, 17} Ihre Beziehungen untereinander sind zu analysieren und die Bedeutung der Einzelmodelle für den Gesamtzusammenhang ist zu erläutern.

5.2.2.4 Empfehlung: Einordnung neuer Modelle in das Übersichtsmodell RAMI4.0

Für folgende Themenfelder sind nach heutigem Kenntnisstand aufgrund der bisherigen Arbeiten Modelle unter Berücksichtigung von IT-Technologien auszuwählen bzw. zu erstellen:

- Quality of Services für die unterlagerte übergreifende Kommunikation
- Identifikation von Dingen und ihren Merkmalen
- Struktur der Verwaltungsschale der I4.0-Komponente
- Generische Services auf Basis der service-orientierten Architektur (SOA)
- Formale Beschreibung von Anwendungs-Funktionen und Anwendungs-Services

¹⁶ Bitkom/VDMA/ZVEI „Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 – Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0“, April 2015.

¹⁷ VDI/ZVEI „Statusreport Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)“, April 2015.



Im Einzelnen bedeutet dies:

Die über Unternehmensgrenzen hinweg erforderliche Qualität der Kommunikation muss bestimmten Kriterien genügen. Dinge müssen mittels eindeutigen Identifiern zweifelsfrei ansprechbar sein. Jedes Ding besitzt mindestens eine Verwaltungsschale, die alle relevanten Informationen zum Ding selbst und zu seiner Verwendung enthält. Auf Basis von SQA müssen allgemeingültige Dienste definiert werden, die einen Informationsaustausch zwischen autarken Dingen ermöglichen, was weit über den bislang üblichen Datenaustausch hinausgeht. Schließlich sind die bislang klassisch nur textuell bzw. grafisch beschriebenen Anwendungsfunktionen der Datenverarbeitung in Form von formalen maschinenverarbeitbaren Beschreibungen zur Verfügung zu stellen, was neben den Merkmalen und Merkmalsverbindungen einen weiteren Teil der Semantik darstellt. Um einen umfassenden Schutz gewährleisten zu können, müssen Security-Überlegungen in die Konzeption einfließen sowie die Verbindungen zu den organisatorischen Aufgaben klarstellen.

5.2.2.5 Empfehlung: Merkmale, Semantik, Ontologien

Die Art und Weise und die Tiefe der Beschreibung der Metadaten sind im Umfeld von Industrie 4.0 von besonderer Wichtigkeit. Hier sind allgemein anwendbare, einfache Konzepte gefragt.

Den Merkmalmodellen kommt sowohl für die Interoperabilität als auch für einen weitgespannten Abgleich von technologischen Aussagen eine zentrale Bedeutung zu. Denn Merkmale sind ein zentraler Teil der zukünftigen Industrie-4.0-Semantik.

In IEC 61360-1/2 bzw. ISO 15926-4 sind umfassende Regeln zur Festlegung von Merkmalen beschrieben. Beide Normen sind inhaltlich harmonisiert, sodass in ISO oder IEC gemäß diesen Dokumenten erstellte Merkmale identisch strukturiert sind.

In IEC existiert darüber hinaus eine vollständige Infrastruktur zur Erstellung, Modifikation und Zurverfügungstellung von Merkmalen in Form des Common Data Dictionary CDD.

In ISO und IEC existiert eine Reihe von Merkmalsprojekten, die bislang unkoordiniert sind. Das ursprünglich zu Einkaufszwecken gegründete Klassifikationsprojekt des eCl@ss e.V. hat sich in den letzten Jahren insbesondere mit der Version 9.0 deutlich in Richtung Merkmale mit sehr guter Werkzeugunterstützung weiterentwickelt. Komplette übernommen sind die Arbeitsergebnisse des seinerzeitigen PROLIST e.V. Alle Merkmale der ca. 30 Geschäftsfelder in eCl@ss sind gemäß IEC 61360 spezifiziert.

Diese Allianz sollte auch Technologien wie Linked Data als zusätzliches Repräsentationsformat berücksichtigen, ohne dabei bestehende semantische, z. B. XML-basierte Modellierungen aufzugeben.



In Deutschland befasst sich aber nicht nur eCl@ss mit Fragen zur Semantik. Ziel muss eine „semantische Allianz“ aller an diesem Themenkreis beteiligten Institutionen sein mit der Zielsetzung, die Ergebnisse in die internationale Normung bei IEC und ISO einzubringen.

Für die diesbezüglichen Arbeiten sind Use Cases von außerordentlicher Bedeutung. Sie werden sowohl in DKE als auch im ZVEI, Bitkom und VDMA entwickelt und auf vereinheitlichter Basis verfügbar sein.¹⁸

5.2.3 Referenzmodelle der leittechnischen Funktionen

5.2.3.1 Ausgangssituation

Die leittechnischen Funktionen sind ein Kernbereich der Automatisierungstechnik. Die zugehörigen Begriffe sind im IECV genormt. Ihre Ausgestaltung erfolgt durch die Hersteller der Leitsysteme, die die leittechnischen Funktionen als Systemdienste anbieten. Sie sind daher nur teilweise genormt, da dies innerhalb der praktischen Nutzung der Leitsysteme nicht erforderlich war. In einer erweiterten Systembetrachtung sind die leittechnischen Funktionen jedoch nicht nur für die Prozessebene interessant, sondern können in verallgemeinerter Form allen Teilnehmern auf allen Ebenen als einheitliche Systemfunktionen zur Verfügung gestellt werden. Hierzu sind sie explizit als Referenzmodelle zu beschreiben und zu normen.

5.2.3.2 Anwendungsbereiche

- Führen
- Melden
- Alarmieren
- Archivieren
- Überwachen

¹⁸ Alexander Fay, Christian Diedrich, Mario Thron, André Scholz, Philipp Puntel Schmidt, Jan Ladiges, Thomas Holm: Wie bekommt Industrie 4.0 Bedeutung? Beiträge von Normen und Standards zu einer semantischen Basis. atp (57) Heft 7–8, S. 30–43. Deutscher Industrieverlag DIV: Diedrich, Ch, Riedl, M.: Semantik durch Merkmale für I4.0. in Handbuch Industrie 4.0, 2. Auflage. Herausgeber: Birgit Vogel-Heuser, Thomas Bauernthanz und Michael ten Hompel. Springer Verlag 2015.



5.2.3.3 Empfehlung: Einheitliche Funktionalität über alle Ebenen der Automatisierung

In der Vergangenheit wurden die leittechnischen Funktionen der Prozessleitebene zugeordnet. Die leittechnischen Funktionen sind jedoch allgemeine Funktionen; sie gelten auf allen Ebenen und in vielen unterschiedlichen Domänen. Zwei Normenserien liefern die wesentlichen Grundlagen für die Beschreibung der Referenzmodelle mit allgemeiner Anwendbarkeit in der regel- und kommunikationsbasierten Automatisierung in Industrie 4.0:

- IEC 61512 (ISA S88) – Batch Control (Chargenorientierte Fahrweise)
- IEC 62264 (ISA S95) – Integration von Unternehmensführungs- und Leitsystemen

Die Serie IEC 61512 hat ihre Wurzeln in der Chargen-Prozesstechnik, ist aber methodisch so allgemeingültig aufgebaut, dass große, noch wenig ausgeschöpfte Anwendungspotenziale auch in der diskreten Fertigung, in den kontinuierlichen Produktionsprozessen und auch in der Logistik liegen. Die methodischen Grundkonzepte von Industrie 4.0 mit Materialflussmodellen und individuellen „Montagerezepturen“ kommen einer Chargenbearbeitung nahe.

Die Modelle der IEC 62264 verbinden die sehr am eigentlichen Produktionsprozess orientierte IEC 61512 mit dem wirtschaftsorientierten Bereich der Unternehmen.

Beide zusammen ermöglichen die Beschreibung durchgehender, einheitlicher Service-orientierter Funktionalitäten.

Zusätzlich sind für die Sicherheitsaspekte z. B. einzubeziehen:

- IEC 61508 (ISA S84) – Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme
- IEC 62443 (ISA S99) – Industrielle Kommunikationsnetze – IT-Sicherheit für Netze und Systeme

5.2.4 Referenzmodelle der technisch-organisatorischen Prozesse

5.2.4.1 Ausgangssituation

Die Strukturierung und Organisation der technisch-organisatorischen Geschäftsprozesse war bisher ausschließlich eine Domäne der Anwender, Applikationsanbieter und Toolhersteller. Neben den durch die Tools vorgegebenen Vorgehensweisen haben die Anwenderorganisationen und Anwenderunternehmen Richtlinien, Vorschriften, Best-Practice-Regeln usw. entwickelt, um diese Prozesse effizient zu gestalten. Dieses Wissen der Praxis muss in konzentrierter Form



bereitgestellt und gesichert werden für die Integration der neuen regelbasierten Abläufe in die allgemeinen Geschäftsprozesse.

5.2.4.2 Anwendungsbereiche

- Diagnose
- Instandhaltung
- Life-Cycle-Management
- Systemmigration
- Optimierung
- Koexistenz-Management von Funkapplikationen
- Security Management

5.2.4.3 Empfehlung: Entwicklung eines Rahmens zur einheitlichen Beschreibung von technisch- organisatorischen Prozessen

Technisch-organisatorische Prozesse werden teils von Automaten und teils von Menschen ausgeführt. Es ist zu prüfen, wie eine allgemeine, aber einheitliche Beschreibung eines solchen Prozesses aussehen könnte.

5.2.4.4 Empfehlung: Erstellung von Normen zu technisch- organisatorischen Prozessen

Die wesentlichen Elemente der technisch-organisatorischen Geschäftsprozesse sind in Normen zusammenzufassen.

5.2.5 Referenzmodelle für Lebenszyklus-Prozesse

5.2.5.1 Ausgangssituation

Zur Beschreibung von Lebenszyklus-Prozessen in klassischen Systemen liegen Konzepte und Normen vor. Mit Industrie 4.0 werden die Systeme jedoch flexibler, intelligenter und selbstadaptiv. Sie werden sich auch in ihrer Struktur veränderten Umgebungen anpassen.



5.2.5.2 Empfehlung: Beschreibung von Lebenszyklus-Vorgängen in flexiblen, adaptiven Systemen

Ein Konzept ist zu entwickeln, das Lebenszyklen in solchen Systemen erfasst, beschreibt und dokumentiert.

5.3 Use Cases

5.3.1 Ausgangssituation

Zur Klärung des domänenspezifischen Entwicklungs- und Normungsbedarfs sind Use Cases zu identifizieren, aus denen die charakteristischen Anforderungen einer Industrie 4.0 an die bestehende Systemlandschaft abgeleitet werden können. Ein Konsens aller Beteiligten über die Relevanz und Repräsentativität der identifizierten Use Cases ist von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grund sollten die Use Cases selbst im Rahmen eines konsensbasierten Standardisierungsprozesses entwickelt und veröffentlicht werden.

Es gibt daher auch keine geschlossene Sammlung von Use Cases, da es aufgrund der unterschiedlichen Branchen die Industrieautomation nicht gibt. Die Use Cases müssen sich daher zwangsläufig auf generische Typen beschränken, können aber Grundlage für technologie- bzw. projektspezifische Realisierung sein.

Bei dem aktuellen Thema wie Industrie 4.0 ist eine Methode erforderlich, die den wachsenden Bedarf an systemübergreifender Interoperabilität sowie die IT-Sicherheit gewährleistet.

Es kommen neue Anforderungen auf uns zu. Bei den neu aufkommenden systemübergreifenden Fragestellungen treffen Fachexperten mit unterschiedlichem Vokabular und Sichtweisen auf das System zusammen, die eine gemeinsame Methode zur Erarbeitung von Industrie 4.0 benötigen.

Es hat sich gezeigt, dass die Use-Case-Methode helfen kann, ein gemeinsames Verständnis der Technologien zu schaffen. Bei diesem Ansatz bilden User Stories die Basis (Anwendungsszenarien) und die daraus abgeleiteten Use Cases (Anwendungsfälle) den Ausgangspunkt für die Definition der erforderlichen Anforderungen. Mit den Use Cases werden Akteure, Datenaustausch und Bedingungen aus Sicht der Aufgabenstellung identifiziert und technisches Details abstrahiert (siehe Abbildung 5).

Um das Zusammenspiel der funktionalen Akteure in abstrakter Weise darstellen zu können, wird eine Referenzarchitektur benötigt, die für die Umsetzung und Visualisierung der systemübergreifenden Interoperabilität und IT-Sicherheit genutzt werden kann. Eine erste Darstellung der Referenzarchitektur der Industrie 4.0 (RAM4.0) wurde mit der DIN SPEC 91345 entwickelt.



Abbildung 5:
Use-Case-Prozess
bei der DKE

Die für die Interoperabilität und IT-Sicherheit relevanten technischen Anforderungen werden dann in den betroffenen Bereichen in Normen und Standards umgesetzt. Use Cases bilden damit in einem frühen Stadium von Normung und Standardisierung Vorgänge und Umsetzungspläne ab, die nur noch systematisch umzusetzen sind.

Zum Speichern und Sicherstellen der Konsistenz der aufbereiteten Use Cases hat die DKE ein Use Case Management Repository (UCMR) entwickelt. Hierbei handelt es sich um eine Datenbank, die eine standardisierte Erstellung, Sammlung und Administration der Anwendungsfälle ermöglicht. Die einheitliche Darstellung verbessert eine Vergleichbarkeit. Das UCMR ist ein frei zugängliches, webbasiertes Werkzeug, das jederzeit registrierten Teilnehmern eine standortübergreifende Mitarbeit ermöglicht. Es hilft bei der Verwaltung und Qualitätssicherung der gespeicherten Use Cases. Die detaillierten und generisch abgeleiteten Use Cases stehen für weitere Normungsarbeiten, Projekte und als Basis neuer Geschäftsmodelle zur Verfügung (siehe Abbildung 6).



Abbildung 6:
DKE Use Case Management
Repository

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Gilgenberg am Weilhart , den 16.Dezember 2015

Sarah Russinger